SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Parma
Strada del Quartiere n°2/a - 43125 PARMA Tel. 0521/393111 - Fax: 0521/282393

DIPARTIMENTO TECNICO E DELLE TECNOLOGIE
SERVIZIO ATTIVITA' TECNICHE
Via Spalato n°2 - 43125 Parma - Tel. 0521/393400 - Fax 0521/286311 - Pec. serv_attivita_tecniche@pec.ausl.pr.it

# OSPEDALE DI FIDENZA-SAN SECONDO

Via Don Enrico Tincati n°5 - Loc. Vaio - Fidenza (PR)

## REALIZZAZIONE NUOVO CORPO DI AMPLIAMENTO E RISTRUTTURAZIONE PRONTO SOCCORSO

## PROGETTO DEFINITIVO

## CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

ELABORATO **C**

SCALA -

GRUPPO DI LAVORO:

geom. Giuliano Bastasini
geom. Lara Biavardi
per. ind. Giuseppe Carlassare
ing. Federica Ceresa
per. ind. Paolo Crovini
ing. Elisa Degiovanni
ing. jr. Roberto Degiovanni
geom. Laura Del Bono
ing. Vincenzo Facchino
geom. Roberto Gallarotti
arch. Andrea Mambriani
per. ind. Paolo Mazzina
geom. Roberto Mellini
per. ind. Paolo Robuschi
ing. Renato Maria Saviano
geom. Pier Paolo Taddei
geom. Michele Tagliavini
geom. Roberta Tagliavini

IL DIRETTORE GENERALE
dr. MASSIMO FABI

IL DIRETTORE DELL'OSPEDALE
dr.ssa MARIA ROSA SALATI

IL DIRETTORE DEL S.A.T.
ing. RENATO MARIA SAVIANO

IL RESP. UNICO DEL PROCEDIMENTO
geom. ROBERTA TAGLIAVINI

IL PROGETTISTA
ing. RENATO MARIA SAVIANO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PARMA
DOTT. ING. SAVIANO RENATO MARIA
ISCRITTO ALL'ALBO PROFESSIONALE
COL. n. 12237

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA
ing. RENATO MARIA SAVIANO

| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | EMISSIONE | 06.09.2018 | Degiovanni E. | Saviano | Saviano |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| FILE: | Lavori SAT_____.doc | | | | |

Sul presente elaborato vige il DIRITTO di PROPRIETA', per cui ne è vietata la riproduzione anche parziale, cessione a terzi, la diffusione, se non dietro nostra espressa autorizzazione scritta.
Ogni violazione sarà perseguita ai sensi delle vigenti leggi civili e penali

# Sommario


Capitolo 1. DATI GENERALI DELL'APPALTO ..... 24
Art. 1. Oggetto dell'appalto ..... 24
Art. 2. Importo dei lavori in appalto ..... 25
*2.1. Importo dell'appalto* ..... 25
Art. 3. Descrizione sommaria dei lavori affidati ..... 25
***3.1.*** *Descrizione dei lavori* ..... 25
***3.2.*** *Forma e principali dimensioni delle opere* ..... 29
Capitolo 2. NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI ..... 30
Art. 4. Rilievi, tracciati e capisaldi ..... 30
*4.1. Rilievi* ..... 30
*4.2. Tracciati* ..... 30
*4.3. Capisaldi di livellazione* ..... 30
*4.4. Strumentazione* ..... 30
Art. 5. Programma esecutivo dei lavori ..... 30
Art. 6. Oneri a carico dell'appaltatore. Impianto del cantiere e ordine dei lavori ..... 31
*6.1. Impianto del cantiere* ..... 31
*6.2. Vigilanza del cantiere* ..... 31
*6.3. Locale ufficio di direzione dei lavori* ..... 31
*6.4. Ordine dell'esecuzione dei lavori* ..... 31
*6.5. Fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori* ..... 31
*6.6. Cartelli indicatori* ..... 32
*6.7. Oneri per le pratiche amministrative* ..... 32
*6.8. Oneri per delle prove e delle verifiche sulle opere e sui materiali* ..... 32
*6.9. Osservanza di leggi e norme tecniche* ..... 32
Art. 7. Integrazione del piano di manutenzione dell'opera ..... 36
Capitolo 3. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI IN GENERALE ..... 36
Art. 8. Accettazione ..... 36
Art. 9. Impiego di materiali con caratteristiche superiori a quelle contrattuali ..... 36
Art. 10. Impiego di materiali o componenti di minor pregio ..... 36
Art. 11. Impiego di materiali riciclati e di terre e rocce da scavo ..... 37
*11.1. Materiali riciclati* ..... 37
*11.2. Riutilizzo delle terre e rocce da scavo* ..... 37
Art. 12. Norme di riferimento e marcatura CE ..... 37
Art. 13. Provvista dei materiali ..... 37
Art. 14. Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto ..... 38
Art. 15. Accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche ..... 38
Art. 16. Indennità per occupazioni temporanee e danni arrecati ..... 38
Capitolo 4. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE ..... 38
Art. 17. Materiali e prodotti per uso strutturale ..... 38
*17.1. Identificazione, certificazione e accettazione* ..... 38
*17.2. Procedure e prove sperimentali d'accettazione* ..... 39
*17.3. Procedure di controllo di produzione in fabbrica* ..... 39
Art. 18. Componenti del calcestruzzo ..... 39
*18.1. Leganti per opere strutturali* ..... 39

18.1.1. Fornitura ..... 40
18.1.2. Marchio di conformità ..... 40
18.1.3. Metodi di prova ..... 41
*18.2. Aggregati* ..... 41
18.2.1. Sistema di attestazione della conformità ..... 42
18.2.2. Marcatura CE ..... 42
18.2.3. Controlli d'accettazione ..... 42
18.2.4. Sabbia ..... 43
18.2.5. Norme per gli aggregati per la confezione di calcestruzzi ..... 43
18.2.6. Norme di riferimento per gli aggregati leggeri ..... 44
*18.3. Aggiunte* ..... 44
18.3.1. Ceneri volanti ..... 44
18.3.2. Microsilice ..... 44
*18.4. Additivi* ..... 45
18.4.1. Additivi acceleranti ..... 45
18.4.2. Additivi ritardanti ..... 46
18.4.3. Additivi antigelo ..... 46
18.4.4. Additivi fluidificanti e superfluidificanti ..... 46
18.4.5. Additivi aeranti ..... 47
*18.5. Agenti espansivi* ..... 48
*18.6. Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo* ..... 48
*18.7. Prodotti disarmanti* ..... 48
*18.8. Acqua di impasto* ..... 48
*18.9. Classi di resistenza del conglomerato cementizio* ..... 49
18.9.1. Classi di resistenza ..... 49
18.9.2. Costruzioni di altri materiali ..... 49
Art. 19. Acciaio per cemento armato ..... 50
*19.1. Le forme di controllo obbligatorie* ..... 50
*19.2. La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati* ..... 50
19.2.1. Il caso dell'unità marcata scorporata. Le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori per le prove di laboratorio ..... 52
19.2.2. Conservazione della documentazione d'accompagnamento ..... 52
19.2.3. Indicazione del marchio identificativo nei certificati delle prove meccaniche ..... 52
19.2.4. Forniture e documentazione di accompagnamento: l'attestato di qualificazione ..... 53
19.2.5. Centri di trasformazione ..... 53
*19.3. I tipi d'acciaio per cemento armato* ..... 54
19.3.1. L'acciaio per cemento armato B450C ..... 54
19.3.2. L'acciaio per cemento armato B450A ..... 54
19.3.3. L'accertamento delle proprietà meccaniche ..... 54
*19.4. Le caratteristiche dimensionali e di impiego* ..... 55
19.4.1. La sagomatura e l'impiego ..... 56
19.4.2. Le reti e i tralicci elettrosaldati ..... 56
*19.5. La saldabilità* ..... 57
*19.6. Le tolleranze dimensionali* ..... 57
*19.7. Le procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario, barre e rotoli* ..... 57
19.7.1. I controlli sistematici ..... 57
19.7.2. Le prove di qualificazione ..... 58

19.7.3. Le prove periodiche di verifica della qualità ... 58
19.7.4. La verifica delle tolleranze dimensionali per colata o lotto di produzione ... 58
19.7.5. La facoltatività dei controlli su singole colate o lotti di produzione ... 59
19.7.6. I controlli nei centri di trasformazione ... 59
19.7.7. I controlli di accettazione in cantiere ... 59
19.7.8. Il prelievo dei campioni e la domanda al laboratorio prove ... 60
Art. 20. Acciaio per cemento armato precompresso ... 60
*20.1. Generalità* ... 60
*20.2. Le caratteristiche dimensionali* ... 60
*20.3. I controlli* ... 61
*20.4. Le prescrizioni comuni. Le modalità di prelievo* ... 62
*20.5. I controlli nei centri di trasformazione* ... 62
*20.6. I controlli di accettazione in cantiere e gli obblighi del direttore dei lavori* ... 63
Art. 21. Acciaio per strutture metalliche ... 63
*21.1. Generalità* ... 63
*21.2. L'acciaio per getti* ... 64
*21.3. L'acciaio per strutture saldate* ... 64
21.3.1. La composizione chimica degli acciai ... 64
21.3.2. Il processo di saldatura. La qualificazione dei saldatori ... 65
*21.4. I bulloni e i chiodi* ... 65
21.4.1. I bulloni ... 66
21.4.2. I bulloni per giunzioni ad attrito ... 66
21.4.3. I chiodi ... 66
21.4.4. I connettori a piolo ... 67
*21.5. L'impiego di acciai inossidabili* ... 67
*21.6. Le specifiche per gli acciai da carpenteria in zona sismica* ... 67
*21.7. Procedure di controllo su acciai da carpenteria* ... 67
21.7.1. I controlli in stabilimento di produzione ... 67
21.7.2. I controlli nei centri di trasformazione ... 69
21.7.3. I controlli di accettazione in cantiere da parte del direttore dei lavori ... 71
*21.8. Norme di riferimento* ... 71
21.8.1. Esecuzione ... 71
21.8.2. Elementi di collegamento ... 72
21.8.3. Profilati cavi ... 72
21.8.4. Prodotti laminati a caldo ... 72
Art. 22. Elementi costruttivi prefabbricati ... 72
*22.1. Generalità* ... 72
*22.2. Requisiti minimi degli stabilimenti e degli impianti di produzione* ... 73
*22.3. Controllo di produzione* ... 73
22.3.1. Controllo sui materiali per elementi di serie ... 73
22.3.2. Controllo di produzione di serie controllata ... 74
22.3.3. Prove di tipo iniziali per elementi di serie controllata ... 74
22.3.4. Marcatura ... 74
*22.4. Procedure di qualificazione* ... 74
22.4.1. Qualificazione dello stabilimento ... 74
22.4.2. Qualificazione della produzione in serie dichiarata ... 74
22.4.3. Qualificazione della produzione in serie controllata ... 74

22.4.4. Sospensioni e revoche ..... 75
*22.5. Documenti di accompagnamento della fornitura. Verifiche del direttore dei lavori* ..... 75
*22.6. Norme complementari relative alle strutture prefabbricate* ..... 76
22.6.1. Prodotti prefabbricati non soggetti a marcatura CE ..... 76
22.6.2. Prodotti prefabbricati in serie ..... 76
Art. 23. Elementi per solai misti in cemento armato ..... 78
*23.1. Generalità* ..... 78
*23.2. Solai misti di calcestruzzo armato, calcestruzzo armato precompresso e blocchi diversi dal laterizio* 78
*23.3. Solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso* ..... 78
*23.4. Lo stoccaggio dei travetti* ..... 79
Art. 24. Elementi strutturali composti di acciaio e calcestruzzo ..... 79
*24.1. Generalità* ..... 79
*24.2. Acciaio* ..... 79
*24.3. Calcestruzzo* ..... 79
Art. 25. Appoggi strutturali ..... 80
*25.1. Generalità* ..... 80
*25.2. Documentazione d'accompagnamento e prove d'accettazione* ..... 80
Art. 26. Dispositivi antisismici ..... 80
*26.1. Generalità* ..... 80
*26.2. Tipologie* ..... 80
*26.3. Procedure di qualificazione* ..... 81
*26.4. I documenti di accompagnamento delle forniture* ..... 82
Capitolo 5. MATERIALI PER OPERE DI COMPLETAMENTO E IMPIANTISTICHE ..... 82
Art. 27. Gesso ed elementi in gesso ..... 82
*27.1. Generalità* ..... 82
*27.2. Fornitura e conservazione del gesso e degli elementi* ..... 83
*27.3. Lastre di gesso rivestito* ..... 83
*27.4. Pannelli per controsoffitti* ..... 83
Art. 28. Calci idrauliche da costruzioni ..... 83
Art. 29. Manufatti di pietre naturali o ricostruite ..... 84
*29.1. Generalità* ..... 84
*29.2. Marmo* ..... 84
*29.3. Pietra* ..... 84
*29.4. Requisiti d'accettazione* ..... 85
*29.5. Manufatti da lastre* ..... 86
*29.6. Manufatti in spessore* ..... 86
*29.7. Manufatti a spacco e sfaldo* ..... 86
Art. 30. Prodotti per pavimentazione e controsoffitti ..... 86
*30.1. Generalità. Definizioni* ..... 86
*30.2. Requisiti di accettazione* ..... 88
*30.3. Classificazione su metodo di formatura e assorbimento d'acqua delle piastrelle in ceramica* 89
30.3.1. Imballaggi e indicazioni ..... 89
30.3.2. Designazione ..... 89
30.4. *Prodotti in gomma per pavimentazioni* ..... 90

30.4.1. Norme di riferimento ... 90
*30.5. Prescrizioni per i prodotti base di policloruro di vinile* ... 90
***30.6.*** *Prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni* ... 91
*30.7. Mattonelle di conglomerato cementizio* ... 91
30.7.1. Norme di riferimento ... 91
*30.8. Prove di accettazione dei materiali da pavimentazione in lastre o piastrelle* ... 92
30.8.1. Norme di riferimento ... 92
*30.9. Requisiti prestazionali della pavimentazione antisdrucciolevole* ... 92
*30.10. Controsoffitti* ... 93
30.10.1. Generalità ... 93
30.10.2. Elementi di sospensione e profili portanti ... 93
30.10.3. Controsoffitti in pannelli di fibre minerali ... 94
30.10.4. Norme di riferimento ... 94
Art. 31. Prodotti per rivestimenti interni ed esterni ... 94
*31.1. Caratteristiche* ... 94
*31.2. Prodotti rigidi. Rivestimenti murali* ... 94
31.2.1. Piastrelle di ceramica ... 94
31.2.2. Lastre di cartongesso ... 94
31.2.3. Rivestimento ignifugo ... 95
31.2.4. Norme di riferimento ... 95
*31.3. Prodotti fluidi o in pasta* ... 95
31.3.1. Intonaci ... 95
31.3.2. Prodotti vernicianti ... 96
Art. 32. Vernici, smalti, pitture, ecc. ... 96
*32.1. Generalità* ... 96
*32.2. Vernici protettive antiruggine* ... 96
*32.3. Idropitture lavabili* ... 96
*32.4. Smalti* ... 96
32.5. *Norme di riferimento* ... 97
Art. 33. Sigillanti, adesivi e geotessili ... 98
*33.1. Sigillanti* ... 98
*33.2. Adesivi* ... 98
33.2.1. Adesivi per piastrelle ... 99
33.2.2. Adesivi per rivestimenti ceramici ... 99
33.2.3. Metodi di prova ... 100
*33.3. Geotessili* ... 101
33.3.1. Geotessili. Norme di riferimento ... 101
33.3.2. Nontessuti. Norme di riferimento ... 101
Art. 34. Prodotti e materiali per partizioni interne e pareti esterne ... 102
34.1. Definizioni ... 102
34.1.1. Pareti interne verticali ... 102
*34.2. Prodotti a base di cartongesso* ... 103
Art. 35. Prodotti per coperture discontinue (a falda) ... 104
*35.1. Definizioni* ... 104
*35.2. Lastre di metallo* ... 104
*35.3. Strato di isolamento della copertura* ... 105
Art. 36. Impermeabilizzazioni e coperture piane ... 106

*36.1. Generalità* ... 106
*36.2. Classificazione delle membrane* ... 106
*36.3. Membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore* ... 106
*36.4. Membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore* ... 107
36.5. *Membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria* ... 107
*36.6. Membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua* ... 108
*36.7. Membrane destinate a formare strati di protezione* ... 108
*36.8. Membrane a base di elastomeri e di elastomeri* ... 108
36.8.1. Tipologie ... 108
36.8.2. Classi di utilizzo ... 109
36.8.3. Accettazione ... 109
*36.1. Membrana prefabbricata bituminosa* ... 109
*36.2. Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste* ... 109
36.2.1. Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni ... 110
*36.3. Malta bicomponente elastica a base cementizia* ... 110
Art. 37. Vetri ... 111
*37.1. Generalità* ... 111
*37.2. Campioni* ... 111
*37.3. Prescrizioni di carattere particolare* ... 111
*37.4. Vetri di sicurezza* ... 111
37.4.1. Vetri piani temprati ... 111
37.4.2. Vetri piani stratificati ... 112
*37.5. Vetri piani uniti al perimetro (o vetrocamera)* ... 112
Art. 38. Infissi in metallo ... 113
*38.1. Definizioni* ... 113
*38.2. Campioni* ... 113
*38.3. Tipologie dei serramenti di progetto* ... 113
*38.4. Marcatura CE* ... 114
*38.5. Documentazione da fornire al direttore dei lavori* ... 114
*38.6. Forme. Luci fisse* ... 114
*38.7. Serramenti interni ed esterni* ... 115
*38.8. Schermi (tapparelle, persiane, antoni)* ... 115
*38.9. Prescrizioni dimensionali e prestazionali per i portatori di handicap* ... 115
38.9.1. Porte interne ... 115
38.9.2. Infissi esterni ... 115
*38.10. Serramenti in alluminio* ... 116
38.10.1. Componenti dei serramenti ... 116
38.10.2. Materiali e norme di riferimento ... 116
38.10.3. Finitura superficiale dei telai metallici ... 116
38.10.4. Telai e controtelai ... 116
38.10.5. Accessori ... 117
38.10.6. Guarnizioni ... 117
38.10.7. Sigillanti ... 117
38.10.8. Caratteristiche dei vetri ... 117
*38.11. Porte e chiusure resistenti al fuoco* ... 119
38.11.1. Generalità ... 119

38.11.2. Valutazione delle caratteristiche ..... 119
38.11.3. Classificazione delle porte resistenti al fuoco ..... 119
38.11.4. Omologazione ..... 120
38.11.5. Documentazione tecnica che il produttore deve allegare ad ogni fornitura ..... 121
*38.12. Norme di riferimento* ..... 121
Art. 39. Prodotti per isolamento termico ..... 122
*39.1. Generalità* ..... 122
*39.1. Polistirene espanso (PSE)* ..... 122
*39.2. Poliuretani e poliisocianurati espansi* ..... 122
*39.3. Lana minerale* ..... 123
Art. 40. Prodotti per isolamento e assorbimento acustico ..... 123
*40.1. Prodotti per assorbimento acustico* ..... 123
40.1.1. Classificazione dei materiali ..... 123
40.1.2. Caratteristiche costruttive ..... 124
40.1.3. Materiali fonoassorbenti che assumono la forma definitiva in opera ..... 124
*40.2. Prodotti per isolamento acustico* ..... 125
40.2.1. Definizioni ..... 125
40.2.2. Caratteristiche costruttive ..... 125
40.2.3. Materiali fonoisolanti che assumono la forma definitiva in opera ..... 126
Art. 41. Apparecchi sanitari ..... 126
*41.1. Terminologia, classificazione e limiti di accettazione* ..... 126
*41.2. Requisiti* ..... 127
*41.3. Norme di riferimento* ..... 127
41.3.1. Lavabi, lavamani e lavelli da cucina ..... 127
41.3.1. Lavabo canale ..... 127
41.3.2. Vasi ..... 127
41.3.3. Bidè ..... 127
41.3.4. Piatti doccia ..... 128
*41.4. Spazi minimi funzionali per gli apparecchi sanitari* ..... 128
41.4.1. Spazi minimi e misure di sicurezza ..... 128
41.4.2. Spazi minimi per i soggetti portatori di handicap deambulanti e su sedia a ruote ..... 129
41.4.3. Accorgimenti per la collocazione degli apparecchi sanitari ..... 129
41.4.4. Impugnature di sicurezza ..... 129
41.4.5. Casi di adeguamento ..... 129
41.4.6. Visitabilità ..... 129
Art. 42. Rubinetteria sanitaria ..... 129
*42.1. Categorie* ..... 130
*42.2. Caratteristiche* ..... 130
*42.3. Cassette per l'acqua per vasi, orinatoi e vuotatoi* ..... 130
*42.4. Fornitura e stoccaggio* ..... 131
*42.5. Tubi di raccordo rigidi e flessibili (per il collegamento tra i tubi di adduzione e la rubinetteria sanitaria)* ..... 131
*42.6. Rubinetti idonei ai portatori di handicap* ..... 131
*42.7. Norme di riferimento* ..... 131
Art. 43. Dispositivi di scarico degli apparecchi sanitari ..... 132
*43.1. Generalità* ..... 132
*43.2. Aspetto delle superfici interne ed esterne* ..... 132

*43.3. Sifoni* ..... 132
*43.4. Pilette di scarico* ..... 132
*43.5. Prova di sbalzo termico per pilette di scarico e i sifoni. Tenuta* ..... 133
*43.6. Tenuta di pilette di scarico con tappo o valvola* ..... 133
*43.7. Tenuta dei sifoni* ..... 133
*43.8. Marcatura* ..... 133
*43.9. Norme di riferimento* ..... 133
Art. 44. Tubazioni per impianti di adduzione dell'acqua, gas, fognature, ecc. ..... 133
*44.1. Tubi in acciaio* ..... 134
44.1.1. Tolleranze ..... 134
44.1.2. Tipologie tubi ..... 135
44.1.3. Designazione e marcatura dei materiali ..... 136
44.1.4. Rivestimento interno ..... 136
44.1.5. Rivestimento esterno ..... 136
44.1.6. Dimensioni ..... 137
44.1.7. Sistemi di giunzione ..... 138
44.1.8. Norme di riferimento ..... 139
*44.2. Tubazioni in PVC* ..... 139
44.2.1. Tubazioni per adduzione d'acqua ..... 139
44.2.2. Tubazioni per fognature e scarichi interrati non in pressione ..... 142
44.2.3. Tubazioni per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati ..... 144
*44.3. Tubazioni di fibrocemento* ..... 148
44.3.1. Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico per sistemi a gravità ..... 148
44.3.2. Marcatura e denominazione ..... 149
44.3.3. Giunti, raccordi e guarnizioni ..... 149
44.3.4. Controllo della qualità ..... 149
*44.4. Tubi in polietilene (PE)* ..... 150
44.4.1. Polietilene ..... 150
44.4.2. Polietilene reticolato (PE-X) ..... 152
*44.5. Tubi in polipropilene (PP)* ..... 152
44.5.1. Aspetto ..... 152
44.5.2. Marcatura ..... 152
44.5.3. Stoccaggio, movimentazione e trasporto ..... 152
*44.6. Tubi in polietilene (PE)* ..... 153
44.6.1. Caratteristiche dei tubi ..... 153
44.6.2. Tubi in rotoli ..... 153
44.6.3. Diametro medio esterno e scostamento dalla circolarità (ovalizzazione) ..... 154
44.6.4. Marcatura ..... 154
44.6.5. Norme di riferimento ..... 154
*44.7. Installazione di tubi in PVC-U, in polietilene PE e in polipropilene PP* ..... 155
44.7.1. Giunzioni ad anello elastomerico ..... 155
44.7.2. Giunzioni a incollaggio ..... 155
44.7.3. Giunzioni per saldatura ..... 155
*44.8. Tubi e raccordi in ghisa sferoidale* ..... 156
44.8.1. Norme di riferimento ..... 156
44.8.2. Rivestimento interno ..... 156
44.8.3. Raccordi ..... 157

44.8.4. Requisiti di accettazione ... 157
44.8.5. Marcatura dei tubi e dei raccordi ... 158
*44.9. Tubi multistrato* ... 158
44.9.1. Norme di riferimento ... 158
Capitolo 6. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE EDILIZIE ... 159
Art. 45. Scavi a sezione obbligata e sbancamenti in generale ... 159
45.1. Generalità ... 159
*45.2. Ricognizione* ... 159
*45.3. Smacchiamento dell'area* ... 159
*45.4. Riferimento ai disegni di progetto esecutivo* ... 159
*45.5. Splateamento e sbancamento* ... 159
*45.6. Scavi a sezione obbligata* ... 159
*45.7. Scavi in presenza d'acqua* ... 160
45.7.1. Pompe di aggottamento ... 160
45.7.2. Prosciugamento dello scavo con sistema Wellpoint ... 160
45.7.3. Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione ... 160
*45.8. Impiego di esplosivi* ... 160
*45.9. Deposito di materiali in prossimità degli scavi* ... 160
*45.10. Presenza di gas negli scavi* ... 160
*45.11. Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi* ... 161
*45.12. Manutenzione degli scavi* ... 161
Art. 46. Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi ... 161
Art. 47. Riparazione di sottoservizi ... 161
Art. 48. Fondazioni dirette ... 161
*48.1. Scavi di fondazione* ... 161
*48.2. Controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva* ... 162
*48.3. Magrone* ... 162
Art. 49. Opere e strutture di muratura ... 162
*49.1. Spessore minimo dei muri* ... 162
*49.2. Cordoli di collegamento tra la fondazione e la struttura in elevazione* ... 162
*49.3. Murature e riempimenti in pietrame a secco. Vespai* ... 162
49.3.1. Vespai e intercapedini ... 162
*49.4. Criteri generali per l'esecuzione* ... 163
49.4.1. Murature a cassa vuota ... 163
Art. 50. Confezionamento e posa in opera del calcestruzzo ... 163
*50.1. Calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato* ... 164
50.1.1. Studio e accettazione della composizione del calcestruzzo ... 164
50.1.2. Composizione granulometrica ... 164
50.1.3. Contenuto di cemento ... 165
50.1.4. Contenuto di acqua di impasto ... 165
50.1.5. Contenuto d'aria inglobata ... 165
50.1.6. Resistenze meccaniche ... 165
*50.2. Confezione, trasporto e posa in opera del calcestruzzo per strutture in calcestruzzo semplice e armato* ... 166
50.2.1. Attrezzatura di cantiere ... 166
50.2.2. Confezione del calcestruzzo ... 166

50.2.3. Tempo di mescolamento ..... 167
50.2.4. Trasporto del calcestruzzo ..... 167
50.2.5. Documenti di consegna ..... 167
50.2.6. Esecuzione del getto del calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato ..... 168
50.2.7. Casseforme e puntelli per le strutture in calcestruzzo semplice e armato ..... 178
50.2.8. Linee generali per il disarmo delle strutture in cemento armato ..... 182
50.2.9. Ripristini e stuccature ..... 182
*50.3. Prescrizioni specifiche per il calcestruzzo a faccia vista* ..... 183
*50.4. Difetti superficiali delle strutture, cause e rimedi* ..... 183
*50.5. Tolleranze dimensionali* ..... 190
50.5.1. Pilastri ..... 190
50.5.2. Travi ..... 190
Art. 51. Esecuzione di strutture in cemento armato precompresso ..... 190
*51.1. Compattazione dei getti* ..... 190
*51.2. Spessore di ricoprimento delle armature di precompressione* ..... 190
*51.3. Testate di ancoraggio dell'armatura di precompressione* ..... 191
*51.4. Posa delle barre. dei cavi e loro messa in opera* ..... 191
51.4.1. Operazioni di tiro ..... 191
51.4.2. Protezione dei cavi e iniezioni ..... 191
Art. 52. Armature minime e limitazioni geometriche delle sezioni degli elementi strutturali in cemento armato ..... 193
***52.1.*** *Dettagli costruttivi per le zone non sismiche* ..... 193
52.1.1. Armatura minima delle travi ..... 193
**52.1.2.** Armatura minima dei pilastri ..... 193
**52.1.3.** Copriferro e interferro ..... 193
*52.2. Dettagli costruttivi per le zone sismiche* ..... 194
52.2.1. Limitazioni geometriche ..... 194
52.2.2. Limitazioni di armatura ..... 195
*52.3. Disposizioni costruttive e controllo dell'esecuzione* ..... 197
52.3.1. Instabilità laterale ..... 197
52.3.2. Incollaggio ..... 197
52.3.3. Unioni con dispositivi meccanici ..... 197
52.3.4. Assemblaggio ..... 198
Art. 53. Armature minime degli elementi strutturali in cemento armato precompresso ..... 198
53.1. Armatura longitudinale ordinaria ..... 198
*53.2. Staffe* ..... 198
Art. 54. Solai misti di cemento armato e cemento armato precompresso ..... 199
54.1.1. Limiti dimensionali ..... 199
*54.2. Esecuzione* ..... 199
54.2.1. Bagnatura degli elementi ..... 199
54.2.2. Blocchi ..... 199
54.2.3. Allineamenti e forzature ..... 199
54.2.4. Calcestruzzi per i getti in opera ..... 199
54.2.5. Puntellamento provvisorio ..... 199
Art. 55. Esecuzione di strutture prefabbricate ..... 199
*55.1. Programma di montaggio* ..... 199
*55.2. Identificazione degli elementi* ..... 199

*55.3. Stoccaggio* ... 200
*55.4. Verifiche preliminari* ... 200
*55.5. Giunti e unioni* ... 200
*55.6. Posa in opera dei pannelli* ... 201
*55.7. Sigillature dei giunti dei pannelli* ... 201
*55.8. 63.8 Tolleranze dimensionali* ... 201
55.8.1. Pilastri ... 201
55.8.2. Travi ... 201
55.8.3. Pannelli di tamponamento ... 201
Art. 56. Esecuzione di strutture in acciaio ... 201
*56.1. Composizione degli elementi strutturali* ... 201
56.1.1. Spessori limite ... 201
56.1.2. Problematiche specifiche ... 202
56.1.3. Giunti di tipo misto ... 202
*56.2. Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza* ... 202
56.2.1. Serraggio dei bulloni ... 202
56.2.2. Prescrizioni particolari ... 202
*56.3. Unioni saldate* ... 202
56.3.1. Raccomandazioni e procedure ... 204
56.3.2. Preparazione dei giunti ... 204
56.3.3. Qualificazione dei saldatori ... 204
*56.4. Apparecchi di appoggio* ... 204
*56.5. Verniciatura e zincatura* ... 204
56.5.1. Norme di riferimento ... 204
Art. 57. Posa in opera dei dispositivi antisismici ... 205
*57.1. La procedura di accettazione* ... 205
*57.2. I dispositivi a comportamento lineare* ... 205
57.2.1. Le prove di accettazione sui materiali ... 205
57.2.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi ... 205
57.2.3. Le prove di accettazione sui dispositivi ... 206
*57.3. I dispositivi a comportamento non lineare* ... 206
57.3.1. Prove di accettazione sui materiali ... 208
57.3.2. Prove di qualificazione sui dispositivi ... 208
57.3.3. Prove di accettazione sui dispositivi ... 208
*57.4. I dispositivi a comportamento viscoso* ... 208
57.4.1. Le prove di accettazione sui materiali ... 208
57.4.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi ... 208
57.4.3. Le prove di accettazione sui dispositivi ... 209
*57.5. Gli isolatori elastomerici* ... 209
57.5.1. Le prove di accettazione sui materiali ... 210
57.5.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi ... 210
57.5.3. Le prove di accettazione sui dispositivi ... 211
*57.6. Gli isolatori a scorrimento* ... 211
57.6.1. Le prove di accettazione sui materiali ... 212
57.6.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi ... 212
57.6.3. Le prove di accettazione sui dispositivi ... 212
*57.7. Dispositivi a vincolo rigido del tipo a fusibile* ... 212

57.7.1. Le prove di accettazione sui materiali ..... 213
57.7.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi ..... 213
57.7.3. Le prove di accettazione sui dispositivi ..... 213
*57.8. I dispositivi (dinamici) di vincolo provvisorio* ..... 213
57.8.1. Le prove di accettazione sui materiali ..... 214
57.8.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi ..... 214
57.8.3. Le prove di accettazione sui dispositivi ..... 215
Art. 58. Esecuzione delle coperture continue ..... 215
*58.1. Definizioni* ..... 215
58.1.1. Copertura non termoisolata non ventilata ..... 215
58.1.2. Copertura ventilata ma non termoisolata ..... 215
58.1.3. Copertura termoisolata non ventilata ..... 216
58.1.4. Copertura termoisolata e ventilata ..... 216
*58.2. Realizzazione degli strati* ..... 216
*58.3. Lucernari* ..... 217
58.3.1. Generalità ..... 217
58.3.2. Lucernari continui a sesto ribassato ..... 217
58.3.3. Lucernari a cupola ..... 217
58.3.4. Norme di riferimento ..... 218
Art. 59. Esecuzione delle coperture discontinue ..... 218
*59.1. Generalità* ..... 218
*59.2. Strati funzionali* ..... 218
*59.3. Realizzazione degli strati* ..... 219
*59.4. Controlli del direttore dei lavori* ..... 219
Art. 60. Opere di impermeabilizzazione ..... 219
*60.1. Definizioni* ..... 219
*60.2. Categorie di impermeabilizzazioni* ..... 220
*60.3. Realizzazione* ..... 220
60.3.1. Impermeabilizzazione di opere interrate ..... 220
60.3.2. Impermeabilizzazioni di elementi verticali ..... 220
*60.4. Controlli del direttore dei lavori* ..... 220
Art. 61. Esecuzione delle pareti esterne e delle partizioni interne ..... 221
*61.1. Definizioni* ..... 221
*61.2. Strati funzionali* ..... 221
61.2.1. Pareti esterne o partizioni interne realizzate a base di elementi di laterizio, calcestruzzo, ecc. 221
61.2.2. Partizioni interne costituite da elementi predisposti per essere assemblati in sito ..... 222
61.2.3. Norme antincendio ..... 222
61.2.4. Pareti interne o esterne verticali ..... 222
Art. 62. Esecuzione di intonaci ..... 222
*62.1. Generalità* ..... 222
*62.2. Intonaco grezzo o rinzaffo rustico* ..... 223
*62.3. Intonaco grezzo fratazzato o traversato* ..... 223
*62.4. Intonaci a base di gesso per interni* ..... 223
62.4.1. Intonaco completo per interni di tipo premiscelato, monoprodotto, per applicazione a macchina 223
62.4.2. Intonaco completo per interni di tipo monoprodotto a base di gesso emidrato e anidrite,

applicazione a mano ..... 224
62.4.3. Intonaco completo per interni di tipo monoprodotto a base di gesso emidrato e anidrite, applicazione a macchina ..... 224
62.4.4. Rasatura per interni di tipo monoprodotto per applicazione a mano ..... 224
62.4.5. Lisciatura per interni di tipo monoprodotto per applicazione a mano ..... 224
*62.5. Intonaco per interni per trattamento acustico dei locali, di tipo premiscelato, a base di vermiculite, applicazione a spruzzo* ..... 225
*62.6. Intonaco per interni per protezione antincendio* ..... 225
*62.7. Intonaco isolante termico a base di leganti idraulici e polistirene,applicazione a spruzzo* 225
*62.8. Intonaco per esterno di tipo plastico* ..... 225
*62.9. Intonachino (pastina) per esterno silossanico* ..... 226
62.10. Intonaco risanante ad azione deumidificante ..... 226
*62.11. Rivestimento cementizio flessibile per l'impermeabilizzazione di calcestruzzo e di intonaci* 226
*62.12. Impermeabilizzante antiumido trasparente silossanico per intonaci* ..... 227
*62.13. Paraspigoli in lamiera zincata* ..... 227
*62.14. Giunti di dilatazione* ..... 227
*62.15. Protezione degli intonaci realizzati* ..... 227
Art. 63. Opere di vetrazione e serramentistica ..... 227
*63.1. Definizioni* ..... 227
*63.2. Realizzazione* ..... 227
*63.3. Posa in opera dei serramenti* ..... 228
*63.4. Controlli del direttore di lavori* ..... 228
Art. 64. Esecuzione delle pavimentazioni ..... 229
*64.1. Definizioni* ..... 229
*64.2. Esecuzione delle pavimentazioni interne con collante* ..... 229
*64.3. Soglie e davanzali* ..... 230
*64.4. Zoccolino battiscopa* ..... 230
*64.5. Esecuzione di pavimentazioni esterne in piastrelle segate regolari in quarzite* ..... 230
***64.6.** Controlli del direttore dei lavori* ..... 231
Art. 65. Opere di rifinitura varie ..... 231
*65.1. Vernciature e tinteggiature* ..... 231
65.1.1. Attrezzatura ..... 231
65.1.2. Campionature ..... 231
65.1.3. Preparazione delle superfici ..... 231
65.1.4. Stato delle superfici murarie e metalliche ..... 232
65.1.5. Preparazione dei prodotti ..... 232
65.1.6. Esecuzione ..... 232
65.1.7. Protezione ..... 236
65.1.8. Controllo ..... 236
65.1.9. Smaltimento rifiuti ..... 236
*65.2. Esecuzione di decorazioni* ..... 236
*65.3. Rivestimenti per interni ed esterni* ..... 236
65.3.1. Definizioni ..... 236
65.3.2. Sistemi realizzati con prodotti rigidi ..... 236
65.3.3. Sistemi realizzati con prodotti flessibili ..... 237

65.3.4. Sistemi realizzati con prodotti fluidi ..... 237
*65.4. Verifiche del direttore dei lavori* ..... 238
Art. 66. Giunti di dilatazione ..... 238
*66.1. Giunti di dilatazione per pavimenti* ..... 238
66.1.1. Generalità ..... 238
66.1.2. Pavimenti ..... 238
66.1.3. Pavimenti finiti ..... 239
*66.2. Giunti di dilatazione per facciate, pareti e soffitti* ..... 239
66.2.1. Facciate, pareti e soffitti a faccia vista ..... 239
66.2.2. Facciate, pareti e soffitti sotto-intonaco ..... 239
66.2.3. Facciate con sistemi di rivestimenti a cappotto ..... 239
66.2.4. Facciate, pareti e soffitti a lavori finiti ..... 239
Capitolo 7. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI ..... 240
Art. 67. Sistemi di collegamento degli impianti alle strutture ..... 240
Art. 68. Impianti idrico-sanitari ..... 240
*68.1. Caratteristiche dei materiali* ..... 240
68.1.1. Prescrizioni normative ..... 240
*68.2. Contatori per acqua* ..... 241
68.2.1. Contatori per acqua fredda ..... 241
68.2.2. Contatori per acqua calda ..... 241
*68.3. Criteri di esecuzione* ..... 241
68.3.1. Posa in opera delle tubazioni ..... 241
68.3.2. Ancoraggi delle tubazioni a vista ..... 242
68.3.3. Pulizia e disinfezione della rete idrica e dei serbatoi ..... 242
*68.4. Isolamento termico* ..... 242
68.4.1. Materiali isolanti ..... 242
*68.5. Protezione contro la corrosione* ..... 242
68.5.1. Generalità ..... 242
68.5.2. Mezzi impiegabili per la protezione passiva ..... 243
68.5.3. Mezzi impiegabili per la protezione attiva ..... 243
68.5.4. Protezione passiva e attiva ..... 243
*68.6. Rete di ventilazione* ..... 243
68.6.1. Sistemi di aerazione delle reti di ventilazione ..... 243
68.6.2. Materiali ammessi ..... 244
68.6.3. Requisiti minimi delle tubazioni di ventilazione ..... 244
*68.7. Rete di scarico delle acque reflue* ..... 245
68.7.1. Generalità. Classificazioni ..... 245
68.7.2. Materiali ..... 245
68.7.3. Criteri di esecuzione ..... 246
68.7.4. Diramazioni di scarico ..... 247
68.7.5. Colonne di scarico ..... 248
68.7.6. Collettori di scarico ..... 248
68.7.7. Dispositivo a chiusura idraulica ..... 250
68.7.8. Pozzetti di ispezioni ..... 250
68.8. Rete di scarico delle acque piovane. Canali di gronda e pluviali ..... 250
68.8.1. Generalità ..... 250
68.8.2. Materiali e criteri di esecuzione ..... 250

68.8.3. Canali di gronda ..... 251
68.8.4. Pluviali ..... 251
68.8.5. Collettori di scarico ..... 252
68.8.6. Pozzetto a chiusura idraulica ..... 252
68.8.7. Verifiche del direttore dei lavori ..... 252
68.8.8. Pompe ..... 253
*68.9. Prove e verifiche della rete di distribuzione dell'acqua fredda e calda* ..... 253
68.9.1. Generalità ..... 253
68.9.2. Prova di tenuta idraulica a freddo delle rete di distribuzione ..... 253
68.9.3. Prova idraulica a caldo ..... 254
68.9.4. Prova di erogazione di acqua fredda ..... 254
68.9.5. Prova di erogazione di acqua calda ..... 254
68.9.6. Prova di efficienza della rete di ventilazione secondaria ..... 254
68.9.7. Misura del livello del rumore ..... 254
Art. 69. Impianti di adduzione del gas ..... 255
*69.1. Generalità* ..... 255
*69.2. Norme di riferimento* ..... 255
69.2.1. Impianti a gas di rete: progettazione, installazione, manutenzione ..... 255
69.2.2. Dispositivi di sorveglianza di fiamma. Termostati ..... 255
69.2.3. Condotte di distribuzione del gas. Tubi. Impianti di derivazione di utenza del gas ... 255
69.2.4. Impianti a gas GPL ..... 256
*69.3. Tubazioni* ..... 256
69.3.1. Tubi di acciaio ..... 256
69.3.2. Tubi di rame ..... 256
69.3.3. Tubi in polietilene per impianto interno di distribuzione gas ..... 256
*69.4. Giunzioni, raccordi e pezzi speciali, valvole* ..... 257
69.4.1. Tubazioni in acciaio ..... 257
69.4.2. Tubazioni in rame ..... 257
69.4.3. Tubazioni in polietilene ..... 257
*69.5. Posa in opera* ..... 257
69.5.1. Modalità di posa in opera all'esterno dei fabbricati ..... 258
69.5.2. Modalità di posa in opera all'interno dei fabbricati ..... 259
69.5.3. Particolarità costruttive e divieti ..... 259
*69.6. Gruppo di misurazione. Contatore* ..... 260
*69.7. Prova di tenuta idraulica* ..... 260
*69.8. Sistemi di sicurezza* ..... 260
69.8.1. Definizioni ..... 260
69.8.2. Criteri tecnici di riferimento per l'installazione ..... 261
*69.9. Conformità degli apparecchi a gas* ..... 262
Art. 70. Impianti termici ..... 262
*70.1. Generalità* ..... 262
*70.2. Gli impianti termici alimentati da combustibili gassosi* ..... 263
70.2.1. Termini, definizioni e tolleranze dimensionali ..... 263
70.2.2. I locali di installazione ..... 264
70.2.3. Impianto elettrico ..... 264
70.2.4. Mezzi di estinzione degli incendi ..... 265
70.2.5. Segnaletica di sicurezza ..... 265

*70.3. Coibentazione delle reti di distribuzione dei fluidi caldi* ... 265
*70.4. Sistema di termoregolazione* ... 266
*70.5. Camini e canali da fumi* ... 266
70.5.1. Caratteristiche dei camini ... 267
70.5.2. Canali da fumo ... 268
70.5.3. Dispositivi accessori per camini e canali da fumo. Depuratori di fumo ... 268
70.5.4. Apparecchi indicatori ... 269
*70.6. Sistemi di espansione* ... 269
70.6.1. Vaso di espansione aperto ... 269
70.6.2. Vaso di espansione chiuso ... 270
*70.7. Unità terminali a convenzione naturale* ... 270
70.7.1. Radiatori ... 270
70.7.2. Piastre radianti ... 270
70.7.3. Tubi alettati ... 270
70.7.4. Termoconvettori ... 270
70.7.5. Pannelli radianti ... 271
*70.8. Verifiche e prove* ... 271
70.8.1. Verifiche preliminari e prove ... 271
70.8.2. Tempi di collaudo ... 272
70.8.3. Verifica delle caratteristiche dei locali ... 272
70.8.4. Misura del valore della temperatura esterna ... 272
70.8.5. Misura del valore della temperatura interna. Sfasamento tra le misurazioni delle temperature esterna e interna ... 272
70.8.6. Misura della temperatura media di mandata e di ritorno dell'acqua ... 273
70.8.7. Verifica del generatore di calore ... 273
Art. 71. Impianti elettrici ... 276
*71.1. Qualità dei materiali e marcatura dei materiali* ... 276
*71.2. Oneri specifici per l'appaltatore* ... 277
*71.3. Modalità di esecuzione degli impianti elettrici* ... 278
*71.4. Cavi e conduttori* ... 278
71.4.1. Definizioni ... 278
71.4.2. Tipologie ... 278
71.4.3. Distinzione dei cavi attraverso i colori ... 278
71.4.4. Comportamento al fuoco ... 279
71.4.5. Posa in opera delle condutture ... 279
71.4.6. Prescrizioni relative a condutture di impianti particolari ... 279
71.4.7. Norme di riferimento generali e per tipologie dei cavi ... 279
71.4.8. Norme di riferimento per il comportamento al fuoco ... 281
71.4.9. Sezioni minime dei conduttori ... 282
*71.5. Tubazioni e accessori per installazioni elettriche* ... 282
71.5.1. Posa in opera in generale e in condizioni particolari ... 282
71.5.2. Maggiorazione del diametro interno dei tubi ... 283
71.5.3. Componenti del sistema di canalizzazione ... 283
71.5.4. Indicazioni per la sicurezza dei canali metallici e loro accessori ... 284
71.5.5. Indicazioni per la sicurezza in materiale plastico isolante e loro accessori ... 284
71.5.6. Indicazioni per la sicurezza in materiale plastico isolante e loro accessori ad uso battiscopa 285

71.5.7. Caratteristiche alla piegatura e grado di protezione minimo ..... 285
71.5.8. Norme di riferimento ..... 285
*71.6. Quadri elettrici* ..... 285
71.6.1. Generalità ..... 285
71.6.2. Tipologie di quadri elettrici ..... 286
71.6.3. Grado di protezione degli involucri ..... 286
71.6.4. Allacciamento delle linee e dei circuiti di alimentazione ..... 287
71.6.5. Caratteristiche degli armadi e dei contenitori per quadri elettrici ..... 287
71.6.6. Targhe ..... 287
71.6.7. Identificazioni ..... 287
71.6.8. Predisposizione per ampliamenti futuri ..... 288
*71.7. Cassette di derivazione* ..... 288
***71.8.** Giunzioni e morsetti* ..... 288
*71.9. Supporto, frutto e placca* ..... 288
71.9.1. Impianto di terra ..... 289
***71.10.** Impianto di protezione contro le scariche atmosferich**e*** ..... 293
71.10.1. Generalità ..... 293
71.10.2. Composizione dell'impianto ..... 293
71.10.3. Captatori ..... 293
71.10.4. Sistemi di protezione LPS ..... 294
71.10.5. Verifiche e dichiarazione di conformità ..... 294
71.10.6. Norme di riferimento ..... 295
*71.11. Protezione contro i contatti diretti e indiretti* ..... 295
*71.12. Protezione delle condutture elettriche contro le sovracorrenti e i cortocircuiti* ..... 296
Art. 72. Verifiche dell'impianto elettrico ..... 296
*72.1. Generalità* ..... 296
*72.2. Esame a vista* ..... 296
72.2.1. Verifica qualitativa e quantitativa ..... 297
72.2.2. Verifica della sfilabilità dei cavi e controllo delle dimensioni dei tubi e dei condotti 297
72.2.3. Verifica dei tracciati per le condutture incassate ..... 298
72.2.4. Verifica dei gradi di protezione degli involucri (protezioni contro i contatti diretti).. 298
72.2.5. Controllo dei collegamenti a terra ..... 299
72.2.6. Controllo dei provvedimenti di sicurezza nei servizi igienici (bagno e doccia) ..... 299
72.2.7. Verifica delle condutture, cavi e connessioni ..... 300
72.2.8. Verifica dei dispositivi di sezionamento e di comando ..... 301
72.2.9. Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione ..... 301
72.2.10. Verifica del rispetto delle prescrizioni del D.M. n. 236/1989, in merito alla collocazione ottimale dei terminali degli impianti elettrici di comando e di segnalazione ..... 301
*72.3. Prove di verifica e controlli* ..... 303
72.3.1. Prova della continuità dei conduttori di protezione ..... 304
72.3.2. Prova di funzionamento alla tensione nominale ..... 304
72.3.3. Prova d'intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva ..... 304
72.3.4. Prova d'intervento degli interruttori differenziali ..... 304
72.3.5. Misura della resistenza d'isolamento dell'impianto ..... 304
72.3.6. Misura della resistenza del dispersore ..... 304
72.3.7. Misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto ..... 305

72.3.8. Misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro ..... 305
72.3.9. Misura della caduta di tensione ..... 305
72.3.10. Misura dei segnali in uscita alle prese TV ..... 305
*72.4. Calcoli di controllo* ..... 305
72.4.1. Controllo del coefficiente di stipamento ..... 305
72.4.2. Controllo del coordinamento fra correnti d'impiego e portate dei conduttori ..... 306
72.4.3. Controllo del coordinamento fra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi 306
Art. 73. Impianti di trasmissione dati di tipo Wi-Fi ..... 306
Art. 74. Impianti di illuminazione. Verifiche illuminotecniche ..... 306
*74.1. Generalità* ..... 306
*74.2. Esami a vista* ..... 306
*74.3. Impianti di illuminazione interna* ..... 307
74.3.1. Misura dell'illuminamento medio e dell'uniformità ..... 307
74.3.2. Misura di luminanza nel campo visivo ..... 307
74.3.3. Abbagliamento ..... 307
74.3.4. Misura del contrasto ..... 308
Capitolo 8. IMPIANTO DI COGENERAZIONE ..... 308
Art. 75. Caratteristiche di accettabilità dell'impianto di cogenerazione ..... 308
Art. 76. Impianto di cogenerazione, caratteristiche minime per conseguire la condizione di Alto rendimento (CAR) ..... 309
*76.1. Generalità* ..... 309
Art. 77. Caratteristiche minime dell'impianto di cogenerazione ..... 310
Art. 78. Procedura di installazione allacciamento e messa in funzione dell'impianto di cogenerazione ..... 314
Art. 79. Procedura di attivazione dell'impianto di cogenerazione ..... 315
Capitolo 9. OPERE FOGNARIE, ILLUMINAZIONE E STRADALI ..... 315
Art. 80. Scavi delle trincee, coordinamento altimetrico e rispetto delle livellette per la posa in opera delle tubazioni ..... 316
*80.1. Generalità* ..... 316
*80.2. Attraversamenti di manufatti* ..... 316
*80.3. Interferenze con servizi pubblici sotterranei* ..... 316
*80.4. Realizzazione della fossa* ..... 317
80.4.1. Opere provvisionali ..... 317
80.4.2. Tipologie di scavi ..... 317
Art. 81. Letto di posa per le tubazioni ..... 317
*81.1. Appoggio su suoli naturali* ..... 317
*81.2. Appoggio su materiale di riporto* ..... 318
Art. 82. Modalità esecutive per la posa in opera di tubazioni ..... 318
*82.1. Controllo e pulizia dei tubi* ..... 318
*82.2. Nicchie in corrispondenza dei giunti* ..... 318
*82.3. Continuità del piano di posa* ..... 318
*82.4. Protezione catodica delle tubazioni metalliche* ..... 319
*82.5. Tubi danneggiati durante la posa in opera* ..... 319
*82.6. Piano di posa* ..... 319
*82.7. Modalità di posa in opera* ..... 319
Art. 83. Rinterro delle tubazioni ..... 320

*83.1. Generalità* ... 320
*83.2. Esecuzione del rinterro* ... 320
*83.3. Raccomandazioni per la compattazione* ... 321
Art. 84. Sovrastruttura stradale. Caratteristiche geometriche delle strade ... 322
*84.1. Terminologia relativa alla sovrastruttura* ... 322
*84.2. Premessa* ... 322
84.2.1. Sovrastruttura ... 322
84.2.2. Tipi di sovrastrutture ... 323
84.2.3. Sottofondo ... 323
84.2.4. Trattamenti ... 324
84.2.5. Tipi particolari di pavimentazioni o di strati ... 324
*84.3. Elementi costitutivi dello spazio stradale* ... 324
Art. 85. Misti granulari per strati di fondazione ... 324
*85.1. Generalità* ... 324
*85.2. Materiali* ... 325
85.2.1. Aggregati ... 325
85.2.2. Miscele ... 325
*85.3. Accettazione del misto granulare* ... 326
*85.4. Confezionamento del misto granulare* ... 326
*85.5. Posa in opera del misto granulare* ... 326
*85.6. Controlli* ... 327
85.6.1. Materiali ... 327
85.6.2. Miscele ... 327
85.6.3. Costipamento ... 327
85.6.4. Portanza ... 327
85.6.5. Sagoma ... 327
Art. 86. Opere d'arte stradali ... 328
*86.1. Caditoie stradali* ... 328
86.1.1. Generalità ... 328
86.1.2. Pozzetti per la raccolta delle acque stradali ... 328
86.1.3. Materiali ... 329
86.1.4. Marcatura ... 329
86.1.5. Caratteristiche costruttive ... 329
*86.2. Camerette d'ispezione* ... 331
86.2.1. Ubicazione ... 331
86.2.2. Caratteristiche costruttive ... 331
86.2.3. Dispositivi di chiusura e di coronamento ... 331
*86.3. Pozzetti prefabbricati* ... 332
*86.4. Pozzetti realizzati in opera* ... 332
*86.5. Collegamento del pozzetto alla rete* ... 332
*86.6. Pozzetti di salto (distinti dai dissipatori di carico per salti superiori ai 7-10 m)* ... 333
*86.7. Pozzetti di lavaggio (o di cacciata)* ... 333
*86.8. Tubazioni, canalette, cunette e cunicoli* ... 333
86.8.1. Tubazioni ... 333
86.8.2. Canalette ... 334
86.8.3. Cunette ... 334
86.8.4. Cunicoli ... 335

86.8.5. Rivestimento per cunette e fossi di guardia ... 335
*86.9. Cordonature* ... 335
Art. 87. Impianti elettrici in generale ... 336
*87.1. Materiali e prescrizione di qualità dei materiali elettrici* ... 336
*87.2. Oneri specifici per l'appaltatore* ... 336
*87.3. Modalità di esecuzione degli impianti* ... 336
Art. 88. Cavidotti ... 337
*88.1. Esecuzione di cavidotti* ... 337
*88.2. Posa direttamente nel terreno* ... 337
*88.3. Posa entro tubazione interrata* ... 337
*88.4. Posa in condotti o cunicoli interrati* ... 337
*88.5. Distanze di rispetto dei cavi interrati* ... 337
88.5.1. Distanza da cavi di telecomunicazione ... 337
88.5.2. Distanza da tubazioni metalliche ... 337
88.5.3. Distanza da serbatoi contenenti fluidi infiammabili ... 337
88.5.4. Distanza da gasdotti ... 338
*88.6. Esecuzione di cavidotti lungo strade esistenti* ... 338
Art. 89. Pozzetti ... 338
*89.1. Generalità* ... 338
*89.2. Raggi di curvatura* ... 338
*89.3. Pozzetti con chiusino in ghisa* ... 338
*89.4. Pozzetto prefabbricato interrato* ... 339
Art. 90. Blocchi di fondazioni. Pali di sostegno ... 339
*90.1. Blocchi di fondazione dei pali* ... 339
*90.2. Pali di sostegno* ... 339
Art. 91. Linee per energia elettrica ... 340
Art. 92. Cassette, giunzioni, derivazioni, guaine isolanti ... 340
Art. 93. Fornitura e posa degli apparecchi di illuminazione ... 341
*93.1. Grado di protezione* ... 341
*93.2. Prove* ... 341
*93.3. Requisiti per la prevenzione dell'inquinamento luminoso* ... 341
*93.4. Documentazione tecnica* ... 341
Art. 94. Fornitura e posa del contenitore del gruppo di misura e del complesso di accensione e protezione 342
Art. 95. Impianto di terra. Dispersori ... 343
Capitolo 10. OPERE A VERDE ... 343
Art. 96. Terra da coltivo riportata ... 343
Art. 97. Substrati di coltivazione ... 343
Art. 98. Concimi organici e minerali ... 344
*98.1. Concimi minerali* ... 344
98.1.1. Concimi minerali semplici ... 344
98.1.2. Concimi minerali composti ... 345
98.1.3. Concimi minerali a base di elementi secondari ... 345
*98.2. Acqua per innaffiamento* ... 345
*98.3. Estrazione dal vivaio e controllo delle piante* ... 346
*98.4. Generalità* ... 346
*98.5. Alberi* ... 346

Art. 99. Precauzioni da prendere fra l'estrazione e la messa a dimora ..... 346
Art. 100. Periodo di messa a dimora ..... 347
Art. 101. Preparazione delle piante prima della messa a dimora ..... 347
Art. 102. Preparazione delle buche e dei fossi per la messa a dimora delle piante ..... 347
Art. 103. Carico, trasporto e accatastamento delle piante ..... 347
103.1. Messa a dimora di piante ..... 347
*103.2. Generalità* ..... 348
*103.3. Collocazione delle piante e riempimento delle buche* ..... 348
*103.4. Conche di irrigazione* ..... 348
*103.5. Pali di sostegno, ancoraggi e legature* ..... 348
Art. 104. Tappeti erbosi in strisce e zolle ..... 348
Art. 105. Scarpate in rilevato o in scavo ..... 349
Art. 106. Semine ..... 349
Art. 107. Spostamento di piante ..... 350
Art. 108. Protezione delle piante esistenti da conservare ..... 350
Art. 109. Protezione delle piante messa a dimora ..... 351
Art. 110. Salvaguardia della vegetazione esistente ..... 351
Art. 111. Manutenzioni colturali fino all'esecuzione del collaudo ..... 351
Capitolo 11. ESECUZIONE DI PROVE E VERIFICHE SULLE OPERE E SUI MATERIALI ..... 351
Art. 112. Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio ..... 352
*112.1. Resistenza caratteristica* ..... 352
*112.2. Controlli di qualità del conglomerato* ..... 352
*112.3. Valutazione preliminare della resistenza caratteristica* ..... 352
*112.4. Controllo di accettazione* ..... 352
*112.5. Prelievo ed esecuzione della prova a compressione* ..... 353
112.5.1. .1 Prelievo di campioni ..... 353
112.5.2. Dimensioni dei provini ..... 353
112.5.3. Confezionamento dei provini ..... 354
112.5.4. Caratteristiche delle casseformi calibrate per provini ..... 354
112.5.5. Marcatura dei provini ..... 354
112.5.6. Verbale di prelievo di campioni di calcestruzzo in cantiere ..... 354
112.5.7. Domanda di prova al laboratorio ufficiale ..... 355
112.5.8. Conservazione e maturazione ..... 355
112.5.9. Resoconto della prova di compressione ..... 355
Art. 113. Controlli sul calcestruzzo fresco ..... 356
*113.1. Prove per la misura della consistenza* ..... 356
*113.2. Controllo della composizione del calcestruzzo fresco* ..... 357
*113.3. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (Bleeding)* ..... 357
Art. 114. Controlli sul calcestruzzo in corso d'opera ..... 357
*114.1. Le finalità* ..... 357
*114.2. Pianificazione delle prove in opera* ..... 358
*114.3. Predisposizione delle aree di prova* ..... 358
*114.4. Elaborazione dei risultati* ..... 359
*114.5. Carotaggio* ..... 359
114.5.1. Linee generali ..... 360
114.5.2. Area di prova o di prelievo ..... 360
114.5.3. Norme di riferimento ..... 360

114.5.4. Verbale di prelevamento dei campioni di calcestruzzo indurito ..... 361
*114.6. Metodi indiretti per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera* 361
114.6.1. Calibratura delle curve di correlazione tra risultati di prove non distruttive e la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera ..... 361
114.6.2. Determinazione di altre proprietà del calcestruzzo in opera: dimensioni e posizione delle armature e stima dello spessore del copriferro ..... 362
*114.7. Stima della resistenza del calcestruzzo in opera* ..... 362
114.7.1. La non conformità dei controlli d'accettazione ..... 362
Art. 115. Prove sugli infissi ..... 363
*115.1. Generalità* ..... 363
*115.2. Norme di riferimento* ..... 363
Capitolo 12. NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI ..... 364
Art. 116. Valutazione lavori a corpo e a misura ..... 365
Art. 117. Scavi ..... 365
*117.1. Scavi di sbancamento* ..... 365
*117.2. Scavi a sezione obbligata* ..... 365
*117.3. Scavi in presenza d'acqua* ..... 365
*117.4. Oneri aggiunti per gli scavi* ..... 365
*117.5. Disfacimenti e ripristini di massicciate e pavimentazioni stradali* ..... 366
Art. 118. Rilevati, rinterri e vespai ..... 366
*118.1. Rilevati* ..... 366
*118.2. Rinterri* ..... 366
*118.3. Preparazione del piani di posa dei rilevati* ..... 366
*118.4. Riempimento con misto granulare. Vespai* ..... 366
Art. 119. Murature, calcestruzzi, solai, impermeabilizzazioni ..... 366
*119.1. Murature e tramezzi* ..... 366
119.1.1. Murature ..... 366
119.1.2. Tramezzi ..... 366
119.1.3. Sagome, cornici, cornicioni, lesene e pilastri ..... 367
*119.2. Calcestruzzi* ..... 367
119.2.1. Casseforme ..... 367
*119.3. Acciaio per armature e reti elettrosaldate* ..... 367
119.3.1. Acciaio per cemento armato ..... 367
*119.4. Solai, impermeabilizzazioni, rivestimenti, ecc.* ..... 367
119.4.1. Solai ..... 367
119.4.2. Impermeabilizzazioni ..... 367
119.4.3. Isolamento termo-acustico di pareti verticali o intercapedini di murature, solai, terrazzi, ecc. 367
119.4.4. 137.5.4 Massetto isolante ..... 367
119.4.5. Misurazione delle coibentazioni ..... 368
*119.5. Lavori in metallo* ..... 368
119.5.1. Ringhiere e cancellate semplici ..... 368
119.5.2. Ringhiere e cancellate con ornati ..... 368
*119.6. Controsoffitti e soppalchi* ..... 368
119.6.1. Soppalchi ..... 368
119.6.2. Controsoffitti piani ..... 368

119.6.3. Lavorazioni particolari sui controsoffitti ... 368
*119.7. Pavimenti e rivestimenti* ... 368
119.7.1. Pavimenti ... 368
119.7.2. Zoccolino battiscopa ... 368
119.7.3. Rivestimenti di pareti ... 368
119.7.4. Fornitura in opera dei marmi, pietre naturali e artificiali ... 368
*119.8. Intonaci* ... 369
*119.9. Tinteggiature, coloriture e verniciature* ... 369
119.9.1. Superfici murarie interne ... 369
119.9.2. Superfici murarie esterne ... 370
119.9.3. Infissi, ringhiere e simili ... 370
*119.10. Infissi* ... 370
119.10.1. Modalità di misurazione delle superfici ... 370
119.10.2. Infissi in metallo ... 370
*119.11. Pluviali e grondaie* ... 371
Art. 120. Impianti elettrici ... 371
*120.1. Quadri elettrici relativi alle centrali, tubi protettivi, ecc.* ... 371
*120.2. Canalizzazioni e cavi* ... 371
*120.3. Apparecchiature in generale e quadri elettrici* ... 371
*120.4. Opere di assistenza agli impianti* ... 372
Art. 121. Opere stradali e pavimentazioni varie ... 372
*121.1. Fondazioni e pavimentazioni in conglomerato cementizio; fondazioni in terra stabilizzata* 372
*121.2. Acciottolati, selciati, lastricati, pavimentazioni in cemento, di porfido* ... 373
*121.3. Pavimentazioni di marciapiedi* ... 373
Art. 122. Noleggi ... 373
Art. 123. Manodopera ... 373
Art. 124. Trasporti ... 373

# Capitolo 1. DATI GENERALI DELL'APPALTO

## Art. 1. **Oggetto dell'appalto**

L'appalto ha per oggetto la progettazione esecutiva e l'esecuzione di tutti i lavori, le forniture e le prestazioni necessarie per la realizzazione del nuovo corpo di ampliamento dell'Ospedale di Vaio e degli interventi di ristrutturazione dell'esistente, come meglio descritto negli elaborati costituenti il progetto a base di gara.

**E' pertanto a carico della ditta aggiudicataria la redazione del progetto esecutivo, costituito da tutti i documenti e gli elaborati indicati nel d.P.R. 207/2010 (artt. 33 e 36). In particolare, il progetto esecutivo sarà comprensivo del progetto delle strutture a firma di professionista iscritto all'Albo e ai sensi della normativa vigente, con particolare riferimento alla documentazione per l'adempimento alle norme per la riduzione del rischio sismico di cui alla Legge Regionale E.R. n° 19/2008 e alla Delibera di Giunta Regionale del 26/09/2011 n° 1373. Il progetto esecutivo in parola dovrà inoltre comprendere l'espletamento, a carico dell'appaltatore, di tutte le pratiche autorizzative, con particolare riferimento alla redazione dell'analisi di previsione acustica, da presentare prima dell'installazione dell'impianto, e il collaudo acustico a struttura ultimata.** Si precisa che le caratteristiche del cogeneratore previsto dal progetto esecutivo dovranno rispettare i limiti e le disposizioni stabilite dalla vigente normativa nazionale e locale e non dovranno in alcun modo comportare un aggravio delle condizioni di inquinamento atmosferico rispetto alla pratica di autorizzazione presentata dall'Azienda USL agli Enti competenti.

**Sono altresì a carico della ditta aggiudicataria l'esecuzione delle prove e delle indagini finalizzate alla redazione del progetto stesso, nonché le prove e le verifiche sui materiali durante l'esecuzione dei lavori.**

Il dimensionamento delle strutture potrà subire lievi modifiche rispetto al progetto posto a base di gara, senza tuttavia alterare le dimensioni complessive del fabbricato, la soluzione architettonica e le caratteristiche estetiche e prestazionali dello stesso, in considerazione del suo inserimento all'interno di un complesso edilizio esistente. Si precisa che il progetto definitivo posto a base di gara è in possesso di Permesso di Costruire, Autorizzazione Sismica, Autorizzazione Paesaggistica e Autorizzazione allo scarico in fognatura (già rilasciati dal Comune di Fidenza), del Parere di Prevenzione Incendi, dei pareri favorevoli rilasciati da ARPA, dal Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro e dal Servizio Igiene Pubblica di quest'Azienda.

**Qualora le opere migliorative e/o aggiuntive contenute nell'offerta del soggetto aggiudicatario si configurino come variante sostanziale ai permessi, alle autorizzazioni ed ai pareri già rilasciati sul progetto definitivo posto a base di gara, saranno a carico dello stesso aggiudicatario la redazione degli elaborati, dei documenti e degli atti necessari ad ottenere i nuovi permessi, autorizzazioni e pareri in variante a quelli già rilasciati, nonché tutti gli adempimenti connessi e necessari all'ottenimento degli stessi. In tale ipotesi, il concreto inizio dei lavori potrà avvenire solo successivamente all'avvenuto rilascio, da parte degli Enti competenti, dei permessi, delle autorizzazioni e dei pareri in variante a quelli già rilasciati per il progetto posto a base di gara. In tal caso, la ditta non vanterà alcun diritto nei confronti della Stazione Appaltante né per danno emergente, né per lucro cessante, anche con riferimento alla dilazione dei tempi.**

Prima della consegna del cantiere, il progetto esecutivo dovrà comunque essere validato e successivamente approvato con atto formale della stazione appaltante; la validazione e la successiva approvazione verranno formalizzate entro 30 giorni dalla data di ricezione, da parte della Stazione Appaltante, del progetto esecutivo completo di tutti i documenti e gli elaborati indicati nel d.P.R. 207/2010 (artt. 33 e 36) nonché del progetto delle strutture e della documentazione per l'adempimento alle norme per la riduzione del rischio sismico. Nell'ipotesi di consegna degli elaborati progettuali per stralci successivi o di integrazioni (spontanee o richieste dagli Enti competenti al controllo) successive alla consegna degli elaborati medesimi, il termine di 30 giorni decorrerà dalla data di consegna dell'ultimo stralcio di elaborati o dell'ultima integrazione agli elaborati medesimi.

Nell'ipotesi della variante sostanziale di cui al 5° comma del presente articolo, il termine di 30 giorni decorrerà dalla data di rilascio dell'ultimo permesso/autorizzazione/parere necessario a consentire l'inizio dei lavori.

Durante l'esecuzione del contratto d'appalto, la Stazione Appaltante si riserva la facoltà, a proprio insindacabile giudizio, di non realizzare una o più opere aggiuntive e/o migliorative comprese nell'offerta dell'aggiudicatario e di chiedere, in sostituzione di quanto non eseguito, la realizzazione di altre opere migliorative e/o aggiuntive di pari valore economico. A tal fine, per ciascuna delle opere proposte in sede d'offerta e di cui non è richiesta l'esecuzione, il valore economico di riferimento sarà quello indicato dall'offerente nell'elaborato "Computo Metrico Estimativo" relativo all'opera da non eseguire, inserito nella "Busta C1 – Computi Metrici". Il valore economico delle opere migliorative e/o aggiuntive richieste dalla Stazione Appaltante in sostituzione di quanto proposto in sede di gara verrà determinato sulla base dei prezzi contrattuali, ove esistenti, o in base a nuovi prezzi da stabilirsi ai sensi delle vigenti disposizioni in materia di contabilità dei lavori pubblici. Tale facoltà potrà essere esercitata anche per la totalità delle opere aggiuntive e/o migliorative proposte in fase di gara dal soggetto aggiudicatario, relativamente alle quali verrà comunque richiesta la realizzazione di altre opere aggiuntive e/o migliorative di pari valore economico.

## Art. 2. **Importo dei lavori in appalto**

### *2.1. Importo dell'appalto*

**Il contratto verrà stipulato a corpo.**
L'importo complessivamente previsto è di € **11.263.668,47** (diconsi euro **undicimilioniduecentosessantatremilaseicentosessantotto/47**) (IVA esclusa) di cui € 10.877.244,94 (IVA esclusa) per lavori ed € 386.423,53 (IVA esclusa) per gli oneri della sicurezza, non soggetti a ribasso.

Ai fini dell'individuazione delle categorie di lavorazioni si individuano le seguenti:

| **CATEGORIE DI CUI SI COMPONE L'OPERA** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Lavorazione** | **Importo** | **Categoria** | **Classifica** | **%** |
| Edifici civili e industriali – **categoria prevalente** | € 5.919.393,57 | OG1 | VI | 52,55% |
| Impianti tecnologici | € 4.103.938,40 | OG11 | V | 36,44% |
| Finiture di opere generali in materiali lignei, plastici, metallici e vetrosi | € 1.240.336,50 | OS6 | III bis | 11,01% |
| **TOTALE** | **€ 11.263.668,47** | | | **100,00%** |

## Art. 3. **Descrizione sommaria dei lavori affidati**

### ***3.1.*** *Descrizione dei lavori*

Il progetto prevede la realizzazione di un corpo di fabbrica in ampliamento agli edifici esistenti che compongono il Complesso Ospedaliero, nonché la ristrutturazione intensiva degli spazi attualmente occupati dal Pronto Soccorso e dagli spogliatoi per il personale, oltre ad una piccola porzione dell'area ambulatoriale sita al piano primo del corpo B (ambulatori chirurgici) e al piano terra del corpo O (Centro di Salute Mentale).

Il corpo di fabbrica in ampliamento, da realizzarsi in adiacenza dei corpi B e C dell'Ospedale, avrà una

superficie coperta di 1.260 mq, sarà costituito di sei piani (uno interrato e cinque fuori terra di cui uno sottotetto) equivalente ad una superficie lorda complessiva di 7.560 mq. La ristrutturazione interesserà complessivamente una superficie di 2.350 mq.
Il nuovo corpo di fabbrica avrà la seguente valenza:

- il piano interrato ospiterà i nuovi depositi a servizio all'attività ospedaliera;
- Il piano terreno del nuovo edificio verrà in parte destinato ad ospitare spazi aggiuntivi per il Servizio di Radiologia (collocato allo stesso piano nell'adiacente Corpo B) ed in parte sarà occupato dalla Residenza Psichiatrica Territoriale da 10 posti letto.
- Il primo piano del nuovo edificio verrà interamente destinato ad ospitare le attività a bassa intensità di cura del Dipartimento di Medicina, quindi ambulatori, 4 posti letto di degenza in day-service (a valenza dipartimentale), 10 posti letto di Lungodegenza, depositi e spazi di servizio a supporto alle attività sanitarie.
- Il secondo piano del nuovo edificio verrà destinato a poliambulatorio ospedaliero specialistico che comprenderà, tra l'altro, 7 ambulatori destinati alla funzione pediatrica; il poliambulatorio sarà provvisto di depositi e spazi di servizio a supporto delle attività sanitarie;
- Il terzo piano del nuovo edificio verrà interamente destinato ad ambulatori, tra cui n. 2 ambulatori chirurgici, in quanto verranno accorpate le attività specialistiche attualmente dislocate nei vari reparti dell'ospedale.

Il nuovo edificio sarà funzionalmente collegato al Corpo C del Complesso Ospedaliero, che ospita i Servizi di Radiologia ed i Comparti Operatori, mediante un percorso orizzontale di collegamento presente a tutti i piani, oltre che mediante un collegamento aggiuntivo verso il corpo B presente al solo piano terreno e dedicato alla Radiologia.

Il progetto prevede il recepimento dei pareri degli enti competenti, ed in particolare quello del Dipartimento di Sanità Pubblica (Servizio di Prevenzione e Sicurezza degli Ambienti di Lavoro e Servizio di Igiene Pubblica) di cui al prot. Aziendale 32062 del 16/04/2012. Nel dettaglio, dal punto di vista tecnico:

- Gli impianti idrosanitari risponderanno alle indicazioni della DGR 115/2008. In particolare l'impianto idrico sanitario a servizio del nuovo corpo di fabbrica sarà derivato direttamente da quello esistente centralizzato dell'ospedale. Quest'ultimo è dotato di idoneo impianto di dosaggio di Biossido di cloro la cui concentrazione può essere variata in base alle esigenze tra i valori di 0.2 e 2 ppm. Relativamente ai materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto di distribuzione, saranno impiegati materiali con bassa rugosità e alta resistenza ai prodotti disinfettanti utilizzati. Inoltre l'anello di ricircolo sarà esteso in prossimità dei miscelatori di tutte le utenze (lavabi, bidet, doccia).
- Gli ambulatori prevedono tutti i requisiti specifici relativi alla singola tipologia.
- Le stanze di degenza rispettano i requisiti strutturali e funzionali richiesti dalla normativa a tutela delle persone disabili. Come indicato nell'elaborato grafico n° 13, le stanze di degenza sono dimensionate in modo da disporre di uno spazio a fondo letto non inferiore a 1,20 m e di almeno 0,90 m fra i due letti. Il servizio igienico direttamente comunicante con la stanza di degenza, disporrà di spazio sufficiente a consentire la manovra di una sedia a ruote ed in particolare sarà garantito l'accostamento laterale alla tazza e l'accostamento frontale al lavabo; il piatto doccia sarà del tipo a filo pavimento. I servizi igienici disporranno inoltre di idonei corrimano e di campanello di emergenza in prossimità della tazza.
- Nei locali privi di finestratura apribile, la ventilazione sarà garantita da impianti che assicurino il ricambio di aria necessario, secondo a quanto previsto dalle "Linee Guida ISPESL per gli interventi di prevenzione relativi alla sicurezza e all'igiene del lavoro nelle Strutture Sanitarie di Pronto Soccorso", anno 2007, alla norma UNI 10339 e alla DGR 327/04. In particolare la tipologia impiantistica e i ricambi ora saranno i seguenti:

| Ambiente | Tipologia impiantistica | Ricambi aria esterna | Pressione |
|---|---|---|---|
| Area sala d'attesa e Triage | Aria primaria + ventilconvettore | 2 vol/h | Positiva |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Area di attività Ambulatoriale | Aria primaria + ventilconvettore | 2 vol/h | Positiva |
| Ambulatori chirurgici | Aria primaria | 6 vol/h | Positiva |
| Area di degenza | Aria primaria + ventilconvettore | 2 vol/h | Positiva |
| Area Isolamento | Aria Primaria | 6 vol/h | Negativa con filtri Hepa in aspirazione |

- Per quanto riguarda il piano seminterrato sono previsti locali ad uso deposito ed un locale adibito a sottocentrale termica. Tali locali saranno tutti dotati di idonee aperture di ventilazione naturale, attraverso la realizzazione di bocche di lupo in grado di assicurare idonei rapporti aero-illuminanti. In riferimento al locale sottocentrale termica saranno presenti esclusivamente organi di regolazione e controllo relativi agli impianti meccanici a servizio del corpo di ampliamento, senza presenza continuativa di personale addetto.

*Struttura*

Dal punto di vista tecnico, il nuovo corpo di ampliamento verrà realizzato mediante una struttura in semi-prefabbricato, con struttura resistente telaio-pareti, costituita da un telaio spaziale formato da travi e pilastri in c.a. con maglie strutturale 4.05x6.9 m e due nuclei di controventamento in c.a. posizionati alle due estremità della struttura, con la funzione di vani scala e ascensori.
L'interpiano medio è di circa 4.05 m e i solai sono realizzati con lastre tralicciate tipo predalle di spessore 24 cm. Le travi sono previste essere semi-prefabbricate e puntellate al montaggio, con altezza pari a 34 cm e larghezza variabile, tutte ribassate di 10 cm rispetto al solaio in predalles. I pilastri sono prefabbricati con nodo a secco, da gettarsi in opera successivamente al posizionamento. La fondazione, gettata in opera, è costituita da travi rovesce ordite nella direzione dei telai di elevazione, con anima di larghezza 75 cm e altezza 80 cm, posta sopra un'ala larga 175 cm e alta 40 cm. Le travi di fondazione sono collegate tra loro da cordoli di larghezza variabile e altezza pari a 40 cm.
La copertura ha struttura portante in acciaio, meglio descritta negli elaborati strutturali.

*Resistenza al fuoco delle strutture*

La struttura ed i sistemi di compartimentazione del corpo di ampliamento garantiranno rispettivamente requisiti di resistenza al fuoco R e REI non inferiori a quanto sotto riportato:

- piano interrato = R/REI 120
- piani terra, primo, secondo, terzo e sottotetto (edificio di altezza antincendio inferiore a 24 m) = R/REI 90

*Finiture*

La trasmittanza termica delle strutture verticali è pari a U = 0,199 W/mqK e comunque inferiore ai limiti normativi previsti. L'isolamento acustico di facciata sarà almeno di 45 dB, al fine di conseguire un livello di rumorosità ambientale all'interno delle strutture a finestre chiuse non superiore a 25-30 dBA, anche in condizioni di rumore ambientale esterno elevato.
Il tamponamento di facciata, nella zona compresa tra piano di calpestio e bancale, è realizzato tramite un pacchetto di circa 44 cm costituito da:

- rivestimento interno in lastre di cartongesso (spessore 1 cm);
- foglio di alluminio facente funzione di barriera al vapore;
- strato coibente in lastre di polistirene espanso XPS (spessore 4 cm)
- muratura in laterizio alveolato (spessore 12 cm)
- intercapedine d'aria (spessore 5 cm)
- ulteriore muratura in laterizio alveolato (spessore 12 cm)
- pannello prefabbricato in calcestruzzo con finitura superficiale esterna fondo cassero fugato (spessore 10 cm)

Nella fascia compresa tra la finestratura a nastro e il solaio superiore il pacchetto di facciata si riduce a 17 cm,

costituiti da cartongesso in lastre (spessore 1 cm) di rivestimento interno, foglio di alluminio facente funzione di barriera al vapore, strato coibente in lastre di polistirene espanso XPS (spessore 6 cm), pannello prefabbricato in calcestruzzo con finitura superficiale esterna fondo cassero (spessore 10 cm).
I divisori interni non portanti sono costituiti da pareti in cartongesso a doppia lastra, dello spessore complessivo di 12.5 cm, con intercapedine in lana di vetro. Nei servizi igienici si prevede l'utilizzo di lastra esterna con caratteristiche idrorepellenti. Inoltre, ove meglio indicato sulle tavole grafiche, è prevista la realizzazione di una struttura verticale con caratteristiche di resistenza al fuoco REI 120 da realizzarsi in blocchi di cemento cellulare autoclavato dello spessore di 8 cm, opportunamente intonacate e tinteggiate.

Le pavimentazioni interne delle degenze e degli ambulatori di comparto al piano terra e piano primo, nonchè degli ambulatori chirurgici al piano terzo sono realizzate in vinile omogeneo (pvc) di spessore minimo 2 mm.
Nei depositi al piano interrato è prevista una pavimentazione in battuto di cemento al quarzo.
Nelle restanti zone interne sono previste pavimentazioni in piastrelle di gres porcellanato con finitura antiscivolo R9 (R10/R11 nei servizi igienici e negli spogliatoio) di dimensioni 30x30 cm. Nei servizi igienici e in altri locali indicati negli elaborati grafici è altresì previsto un rivestimento in piastrelle di ceramica fino all'altezza di 2.20 m dal pavimento. Nel comparto destinato agli ambulatori chirurgici il rivestimento verticale è previsto in vinile omogeneo (spessore 1 mm). Le finiture di ogni locale sono meglio identificate nelle tavole di progetto.

La controsoffittatura, presente in tutto il corpo di ampliamento ad esclusione del piano interrato, è prevista in pannelli di fibra minerale di dimensioni 60x60 cm.
Il solaio del sottotetto è isolato termicamente mediante l'inserimento di un pannello rigido in lana di roccia, di densità minima 80 kg/mc e conduttività pari a 0.78 W/mqK, posizionato tra la soletta collaborante del solaio e il massetto di finitura.
Il manto di copertura è realizzato mediante pannelli coibentati multistrato in lamiera zincata preverniciata, con isolante in poliuretano espanso e sarà completato da grondaia e lattoneria in acciaio inox.
La trasmittanza termica della copertura sarà pari a U = 0,167 W/mqK e comunque inferiore ai limiti normativi previsti.

*Serramenti*
I serramenti esterni sono in alluminio monoblocco a uno o due battenti, a taglio termico, con vetrocamere avente vetro stratificato di sicurezza su entrambi i lati, di classe minimo 1B1, e isolati termicamente in modo tale da garantire una trasmittanza Uw del serramento inferiore a 1.98 kW/mq e una trasmittanza Ug della sola componente vetrata inferiore a 1.53 kW/mq. I serramenti sono completati da avvolgibili in PVC.

***Interventi di Ristrutturazione***
L'intervento di ristrutturazione, volto alla riqualificazione di determinati servizi, prevede la realizzazione di nuovi spogliatori per il personale al piano interrato del corpo D, consentendo così di recuperare all'interno del Corpo E una superficie di circa mq 650 che, opportunamente adeguata e riqualificata, verrà utilizzata per l'ampliamento e la ridistribuzione funzionale interna degli spazi utilizzati dal Pronto Soccorso. In questo ambito verranno ospitate anche una Sala gessi ed una Radiologia d'urgenza.
Il medesimo intervento prevede, altresì, la realizzazione di n. 2 ambulatori chirurgici al piano primo del corpo B ed il trasferimento del Centro Salute Mentale al piano terra del corpo O, negli spazi attualmente occupati degli ambulatori specialistici ospedalieri che si sposteranno nel nuovo corpo di fabbrica.
Questo progetto consentirà di portare all'interno del Complesso Ospedaliero di Fidenza le attività del Dipartimento di Salute Mentale, attualmente collocate nell'edificio "Collegio dei Gesuiti" di Fidenza, di proprietà dell'Amministrazione Comunale. Come evidenziato nell'elaborato grafico n°17 l'intervento, che prevede la riorganizzazione interna di locali esistenti e la realizzazione di una nuova sala riunioni, verrà realizzato tramite demolizione di pareti e controsoffittuatura esistenti, con successiva realizzazione di contropareti e pareti in cartongesso, ripristino di controsoffitto e pavimentazione.
Analogamente, la riorganizzazione del piano primo del corpo B, meglio definita nella tavola n° 16 e finalizzata

alla realizzazione di n° 2 ambulatori chirurgici, locale osservazione e preparazione paziente, locale preparazione chirurghi, prevede la demolizione e costruzione di pareti, pavimenti e controsoffitto, nonché la sostituzione di serramenti interni. In particolare, i locali destinati ad ambulatori chirurgici avranno pavimento in linoleum e rivestimento vinilico a parete per un'altezza di metri 3.00.
Gli interventi di ristrutturazione del piano interrato del corpo D prevedono la realizzazione di 7 blocchi spogliatoio per il personale (area comparto e area dirigenza), per un totale di 644 lavoratori. Ogni blocco spogliatoio è dotato di servizi igienici, lavabi e docce. Sulla base del riepilogo del personale sanitario e medico presente in turno fornito dalla Direzione Sanitaria, si evince che il numero dei servizi igienici e dei lavandini è sufficiente, in considerazione del massimo affollamento previsto con il turno del mattino.
Il numero degli armadietti previsti, indicato all'interno di ogni spogliatoio, risulta sufficiente per tutto il personale in servizio
Le suddivisioni interne verranno realizzate mediante pareti in cartongesso e tinteggiate con idropittura lavabile. I box doccia saranno realizzati HPL laminato, di spessore 14 mm e altezza totale 220 cm, con porta e serratura libero/occupato.

***Opere di urbanizzazione***

A seguito dell'incremento delle capacità ricettive del Complesso Ospedaliero ed alla prevista cessione al Comune di Fidenza degli oneri di urbanizzazione dovuti alla nuova edificazione, contestualmente ai lavori di ampliamento della struttura si provvederà alla realizzazione di un nuovo parcheggio avente superficie pari a 2.250 mq.
Il progetto prevede uno scavo di sbancamento e la successiva posa di pacchetto stradale costituito da:

- tessuto non tessuto in poliestere per sottofondi da 300 g/mq
- strato di fondazione di ghiaia in natura (spessore 50 cm)
- strato di base realizzato mediante stabilizzato di frantoio (spessore 20 cm)
- strato di collegamento (binder) in conglomerato bituminoso (spessore 8 cm)
- strato di usura in conglomerato bituminoso (spessore 3 cm)

Gli stalli di sosta verranno realizzati con il seguente pacchetto:

- tessuto non tessuto in poliestere per sottofondi da 300 g/mq
- strato di fondazione di ghiaia in natura (spessore 50 cm)
- strato di base realizzato mediante stabilizzato di frantoio (spessore 20 cm)
- strato di allettamento in sabbia (spessore 4 cm)
- autobloccanti forati e pietrischetto (spessore 8 cm)

Le aree verranno delimitate mediante cordolatura realizzata con elementi prefabbricati in calcestruzzo, di dimensioni 10/12x25 cm.
E' altresì prevista la segnaletica stradale orizzontale e verticale. La segnaletica orizzontale verrà realizzata con vernice rifrangente bianca, acrilica o alchilica. La segnaletica verticale sarà costituita da targhe in alluminio con pellicola in classe 1, posate su palo zincato di diametro 60 mm, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.
Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche, si è prevista la realizzazione di opportune caditoie sifonate, collegate alla linea di raccolta delle acque bianche esistenti.

### ***3.2.*** *Forma e principali dimensioni delle opere*

La forma e le principali dimensioni delle opere oggetto dell'appalto risultano dai disegni di progetto esecutivo, salvo quanto potrà essere meglio precisato dalla direzione dei lavori nel corso dell'esecuzione dei lavori e/o dal collaudatore tecnico-amministrativo in corso d'opera.

# Capitolo 2. NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

## Art. 4. **Rilievi, tracciati e capisaldi**

### *4.1. Rilievi*

L'esecuzione dei lavori deve essere preceduta dal rilievo planimetrico dello stato di fatto da parte e a spese dell'esecutore e in contraddittorio con la direzione dei lavori.
Il rilievo è necessario per la quantificazione delle opere di scavo a sezione obbligata o di sbancamento e di movimento terra in generale.

### *4.2. Tracciati*

L'esecuzione delle opere di fondazione deve essere preceduta dal tracciamento sul terreno delle strutture portanti alla quota indicata dal progetto esecutivo.

### *4.3. Capisaldi di livellazione*

Unitamente agli occorrenti disegni di progetto esecutivo, in sede di consegna sarà fornito all'appaltatore l'elenco dei capisaldi di livellazione a cui si dovrà riferire nell'esecuzione dei lavori. La verifica di tali capisaldi dovrà essere effettuata con tempestività, in modo che non oltre sette giorni dalla consegna possano essere segnalate alla direzione dei lavori eventuali difformità riscontrate.
L'appaltatore è responsabile della conservazione dei capisaldi che non può rimuovere senza preventiva autorizzazione del direttore dei lavori
Per tutte le operazioni di livellazione, limitatamente a quanto non indicato espressamente nel presente capitolato, vige l'obbligo di riferirsi al testo intitolato *Guida alla progettazione e all'esecuzione delle livellazioni geometriche* della Commissione geodetica italiana (IGM, 1974), che viene a far parte del presente capitolato speciale d'appalto.
Il percorso della livellazione dovrà sempre consentire il controllo delle misure. Se la livellazione ha come scopo la determinazione di quote, la linea da istituire dovrà essere collegata a uno o più capisaldi preesistenti. In tal caso dovrà essere verificato che i dislivelli sui tratti contigui al caposaldo considerato siano rimasti invariati. La scelta del caposaldo da utilizzarsi deve essere comunque autorizzata dalla direzione dei lavori. La fase di segnalizzazione dei capisaldi e quella di misura devono essere separate da un adeguato intervallo di tempo, per consentire ai capisaldi di assumere un assetto stabile.

### *4.4. Strumentazione*

Per tutti i lavori topografici dovranno essere utilizzati teodoliti con approssimazione angolare al secondo centesimale, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a 5 mm ± 10 $E$ - 6 · $D$ (con $D$ espressa in km). In alternativa, è possibile utilizzare la total station con prestazioni analoghe.
Per quanto riguarda le quote si dovranno utilizzare dei livelli di precisione (autolivelli).
La strumentazione deve essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento.

## Art. 5. **Programma esecutivo dei lavori**

Entro 3 (tre) giorni dalla data del verbale di consegna e comunque 2 (due) giorni prima dell'inizio dei lavori, l'appaltatore deve predisporre e consegnare alla direzione lavori un programma esecutivo dei lavori, elaborato in relazione alle proprie tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa.
Tale programma dovrà essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dalla direzione dei lavori, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dalla data di ricevimento. Trascorso il predetto termine senza che la direzione dei lavori si sia pronunciata, il programma si intenderà accettato, fatte

salve evidenti illogicità o indicazioni erronee palesemente incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.

## Art. 6. **Oneri a carico dell'appaltatore. Impianto del cantiere e ordine dei lavori**

### *6.1. Impianto del cantiere*

L'appaltatore dovrà provvedere all'impianto del cantiere non oltre il termine di cinque (5) giorni dalla data del verbale di consegna dei lavori.

### *6.2. Vigilanza del cantiere*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e guardia sia diurna che notturna del cantiere, nel rispetto dei provvedimenti antimafia, e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso (siano essi di pertinenza dell'appaltatore, del committente o di altre ditte) nonché delle opere eseguite o in corso di esecuzione.
Ai sensi dell'art. 22 della legge 13 settembre 1982 n. 646, la custodia dei cantieri installati per la realizzazione di opere pubbliche deve essere affidata a persone provviste della qualifica di guardia particolare giurata.
In caso di inosservanza, si incorrerà nelle sanzioni previste dal comma 2 del citato art. 22 della legge n. 646/1982.
Tale vigilanza si intende estesa anche al periodo intercorrente tra l'ultimazione e il collaudo provvisorio dei lavori, salvo l'anticipata consegna delle opere alla stazione appaltante e per le sole opere consegnate.
Sono altresì a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e guardia del cantiere nei periodi di sospensione dei lavori, purché non eccedenti un quarto della durata complessiva prevista per l'esecuzione dei lavori stessi e comunque quando non superino sei mesi complessivi.
Fermo restando l'obbligo della vigilanza nei periodi eccedenti i termini fissati in precedenza, ne verranno riconosciuti i maggiori oneri, sempre che l'appaltatore non richieda e ottenga di essere sciolto dal contratto.

### *6.3. Locale ufficio di direzione dei lavori*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di locali uso ufficio (in muratura o prefabbricati) idoneamente rifiniti e forniti dei servizi necessari alla permanenza e al lavoro di ufficio della direzione dei lavori.
Tale ufficio deve essere adeguatamente protetto da dispositivi di allarme e antintrusione, climatizzato, nonché dotato di strumenti (fax, fotocopiatrice, computer, software, ecc).
I locali saranno realizzati nel cantiere o in luogo prossimo, stabilito o accettato dalla direzione dei lavori, la quale disporrà anche il numero degli stessi e le attrezzature di dotazione.
Il locale deve essere idoneamente allacciato alle normali utenze (luce, acqua, fognatura, telefono).

### *6.4. Ordine dell'esecuzione dei lavori*

In linea generale, l'appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo a lui più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale purché a giudizio della direzione dei lavori ciò non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere e agli interessi della stazione appaltante.
Questa ad ogni modo si riserva il diritto di stabilire la precedenza o il differimento di un determinato tipo di lavoro o l'esecuzione entro un congruo termine perentorio senza che l'appaltatore possa rifiutarsi o richiedere particolari compensi. In questo caso, la disposizione dell'amministrazione costituirà variante al programma dei lavori.

### *6.5. Fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori per periodi quindicinali a decorrere dal sabato immediatamente successivo alla consegna degli stessi, come di seguito specificato:
- numero degli operai impiegati, distinti nelle varie categorie, per ciascuno dei 15 giorni, con le relative ore lavorative;

- genere di lavoro eseguito nei 15 giorni in cui non si è lavorato e cause relative.
Dette notizie devono pervenire alla direzione dei lavori non oltre il mercoledì immediatamente successivo al termine dei 15 giorni, stabilendosi una penale di 25,82 euro per ogni giorno di ritardo.

### *6.6. Cartelli indicatori*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di cartelli indicatori e la relativa installazione nel sito o nei siti indicati dalla direzione dei lavori entro cinque giorni dalla data di consegna dei lavori. I cartelloni, delle dimensioni minime di 1 m × 2 m, recheranno impresse a colori indelebili le diciture riportate con le eventuali modifiche e integrazioni necessarie per adattarle ai casi specifici.
Nello spazio per l'aggiornamento dei dati devono essere indicate le sospensioni e le interruzioni intervenute nei lavori, le relative motivazioni, le previsioni di ripresa e i nuovi tempi.
Tanto i cartelli quanto le armature di sostegno devono essere eseguiti con materiali di adeguata resistenza meccanica, resistenti agli agenti atmosferici, di decoroso aspetto e mantenuti in ottimo stato fino al collaudo tecnico-amministrativo dei lavori.
Per la mancanza o il cattivo stato del prescritto numero di cartelli indicatori, sarà applicata all'appaltatore una penale di euro 100,00 (cento/00). Sarà, inoltre, applicata una penale giornaliera di euro 10,00 (dieci/00) dal giorno della constatata inadempienza fino a quello dell'apposizione o riparazione del cartello mancante o deteriorato. L'importo delle penali sarà addebitato sul certificato di pagamento in acconto, successivo all'inadempienza.

### *6.7. Oneri per le pratiche amministrative*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per le pratiche presso amministrazioni ed enti per permessi, licenze, concessioni, autorizzazioni per opere di presidio, occupazioni temporanee di suoli pubblici o privati, apertura di cave di prestito, uso di discariche, interruzioni provvisorie di pubblici servizi, attraversamenti, cautelamenti, trasporti speciali nonché le spese a esse relative per tasse, diritti, indennità, canoni, cauzioni, ecc.
In difetto rimane a esclusivo carico dell'appaltatore ogni eventuale multa o contravvenzione nonché il risarcimento degli eventuali danni.

### *6.8. Oneri per delle prove e delle verifiche sulle opere e sui materiali*

L'Appaltatore dovrà fare eseguire a proprie spese le prove sui cubetti di calcestruzzo e sui tondini di acciaio, per i quali i laboratori legalmente autorizzati rilasceranno alla stazione appaltate i richiesti certificati in originale e in copia conforme all'originale. E' altresì a carico dell'Appaltatore l'esecuzione, presso gli istituti incaricati, di tutte le esperienze e saggi che varranno in ogni tempo ordinati dalla Direzione dei Lavori e/o dal Collaudatore in Corso d'Opera, sui materiali impiegati o da impiegarsi nella costruzione, in correlazione a quanto prescritto circa l'accettazione dei materiali stessi, nonchè l'esecuzione di ogni prova di carico che sia ordinata dalla Direzione dei Lavori su fondazioni, solai e qualsiasi altra struttura portante di notevole importanza statica.

### *6.9. Osservanza di leggi e norme tecniche*

L'esecuzione dei lavori in appalto nel suo complesso è regolata dal presente capitolato speciale d'appalto e, per quanto non in contrasto con esso o in esso non previsto e/o specificato, valgono le norme, le disposizioni e i regolamenti appresso richiamati.

TESTO UNICO EDILIZIA
**D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380** - *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.*

NORME TECNICHE STRUTTURALI
**Legge 5 novembre 1971, n. 1086** - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica*;
**Legge 2 febbraio 1974, n. 64** - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*;

**C.M. 9 gennaio 1980, n. 20049** - *Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato*;
**D.M. 20 novembre 1987** - *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento*;
**D.M. 11 marzo 1988** - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*;
**C.M. 24 settembre 1988, n. 30483** - *Legge 2 febbraio 1974, n. 64, art. 1. D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione*;
**C.M. 4 gennaio 1989, n. 30787** - *Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e per il consolidamento*;
**C.M. 16 marzo 1989, n. 31104** - *Legge 2 febbraio 1974, n. 64, art. 1. Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate*;
**D.M. 9 gennaio 1996** - *Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche*;
**D.M. 16 gennaio 1996** - *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*;
**D.M. 16 gennaio 1996** - *Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*;
**C.M. 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG/STC** - *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi, di cui al D.M. 16 gennaio 1996*;
**C.M. 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C**. - *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 9 gennaio 1996*;
**C.M. 29 ottobre 1996** - *Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro nei beni architettonici di valore storico-artistico in zona sismica*;
**C.M. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.** - *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, di cui al D.M. 16 gennaio 1996*;
**C.M. 14 dicembre 1999, n. 346/STC** - *Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20. Concessione ai laboratori per prove sui materiali da costruzione*;
**Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274** - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*;
**D.M. 14 settembre 2005** - *Norme tecniche per le costruzioni*;
**D.M. 14 gennaio 2008** - *Approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni*;
**D.M. 6 maggio 2008** - *Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni*.

PRODOTTI DA COSTRUZIONE

**D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246** - *Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione*;
**D.M. 9 maggio 2003, n. 156** - *Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione, ai sensi dell'articolo 9, comma 2, del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Isolanti termici per edilizia»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Accessori per serramenti»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con*

*decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità dei «Sistemi fissi di estinzione incendi. Sistemi equipaggiati con tubazioni»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Sistemi per il controllo di fumo e calore»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità dei «Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità delle «Installazioni fisse antincendio»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Sistemi fissi di lotta contro l'incendio. Sistemi a polvere»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità per gli «Impianti fissi antincendio. Componenti per sistemi a $CO_2$»*;
**D.M. 5 marzo 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità per i «Sistemi fissi di lotta contro l'incendio. Componenti di impianti di estinzione a gas»*;
**D.M. 11 aprile 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati*;
**D.M. 11 aprile 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di appoggi strutturali*;
**D.M. 11 aprile 2007** - *Applicazione della direttiva n. 89/106/CE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di geotessili e prodotti affini*.

PREVENZIONE INCENDI
**D.M. 15 settembre 2005** - *Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi*;
**D.M. 16 febbraio 2007** - *Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione*;
**D.M. 9 marzo 2007** - *Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco*.

IMPIANTI ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI
**Legge 5 marzo 1990, n. 46** - *Norme per la sicurezza degli impianti*;
**D.M. 22 gennaio 2008, n. 37** - *Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici*;
**C.M. 27 febbraio 2007, n. 11411** - *Utilizzazione di raccordi a pressare in reti di adduzione di gas negli edifici civili*.

RENDIMENTO ENERGETICO NELL'EDILIZIA
**D.M. 27 luglio 2005** - *Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*;

**D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192** - *Attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*
**D.Lgs. 29 dicembre 2006, n. 311** - *Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo n. 192 del 2005, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*;
**D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59** - *Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.*

BARRIERE ARCHITETTONICHE
**Legge 9 gennaio 1989, n. 13** - *Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati*;
**D.M. 14 giugno 1989, n. 236** - *Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche*;
**D.P.R. 24 luglio 1996, n. 503** - *Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche, negli edifici, spazi e servizi pubblici.*

ESPROPRIAZIONE PER PUBBLICA UTILITÀ
**D.P.R. 8 giugno 2001, n. 327** - *Testo unico sulle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazioni per pubblica utilità.*

RIFIUTI E AMBIENTE
**D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22** - *Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/Ce sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio*;
**D.M. 8 maggio 2003, n. 203** - *Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo*;
**D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152** - *Norme in materia ambientale*;
**Legge 28 gennaio 2009, n. 2** - *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 29 novembre 2008, n. 185, recante misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti-crisi il quadro strategico nazionale.*

ACQUE
**D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152** - *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.*

BENI CULTURALI E DEL PAESAGGIO
**D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42** - *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137.*

NUOVO CODICE DELLA STRADA
**D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285** - *Nuovo codice della strada.*

CONTRATTI PUBBLICI
**D.M. 19 aprile 2000, n. 145** - *Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni*;
**Legge 21 dicembre 2001, n. 443** - *Delega al governo in materia di infrastrutture e insediamenti produttivi strategici e altri interventi per il rilancio delle attività produttive*;
**D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163** - *Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*;

**D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207** - *Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».*

SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO
**D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81** - *Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.*

### Art. 7. **Integrazione del piano di manutenzione dell'opera**

Il direttore dei lavori deve raccogliere in un fascicolo i documenti progettuali più significativi, la dichiarazione di conformità predetta (ed eventuali schede dei prodotti) nonché le istruzioni per la manutenzione ai fini dell'integrazione o dell'aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.
In riferimento al comma precedente, l'esecutore è obbligato a trasmettere al direttore dei lavori le istruzioni e/o le schede tecniche di manutenzione e di uso rilasciate dal produttore dei materiali o degli impianti tecnlogici installati.

# Capitolo 3. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI IN GENERALE

### Art. 8. **Accettazione**

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del presente capitolato speciale ed essere della migliore qualità e possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del direttore dei lavori; in caso di contestazioni, si procederà ai sensi del regolamento.
L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo l'introduzione in cantiere o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto. In quest'ultimo caso, l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri idonei a sue spese.
Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.
Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo tecnico-amministrativo o di emissione del certificato di regolare esecuzione.

### Art. 9. **Impiego di materiali con caratteristiche superiori a quelle contrattuali**

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la loro contabilizzazione deve essere redatta come se i materiali fossero conformi alle caratteristiche contrattuali.

### Art. 10. **Impiego di materiali o componenti di minor pregio**

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, all'appaltatore deve essere applicata un'adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

## Art. 11. **Impiego di materiali riciclati e di terre e rocce da scavo**

### *11.1. Materiali riciclati*

Per l'impiego di materiali riciclati si applicheranno le disposizioni del D.M. 8 maggio 2003, n. 203, *Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo*.

### *11.2. Riutilizzo delle terre e rocce da scavo*

La possibilità del riutilizzo delle terre e rocce da scavo è prevista dall'art. 185 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, come sostituito dall'art. 13 del D.Lgs. n. 205/2010.
Al comma 1 dell'art. 185 è disposto che non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del D.Lgs. n. 152/206:
- il terreno (in situ), inclusi il suolo contaminato non scavato e gli edifici collegati permanentemente al terreno, fermo restando quanto previsto dagli artt. 239 e seguenti relativamente alla bonifica di siti contaminati dello stesso D.Lgs. n. 152/206;
- il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato.

## Art. 12. **Norme di riferimento e marcatura CE**

I materiali utilizzati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva sui prodotti da costruzione 89/106/CEE (CPD), recepita in Italia mediante il regolamento di attuazione D.P.R. n. 246/1993. Qualora il materiale da utilizzare sia compreso nei prodotti coperti dalla predetta direttiva, ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle singole norme armonizzate, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente.
I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere dovranno rispondere alle prescrizioni contrattuali, e in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme UNI applicabili, anche se non espressamente richiamate nel presente capitolato speciale d'appalto.
In assenza di nuove e aggiornate norme UNI, il direttore dei lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive.
In generale, si applicheranno le prescrizioni del presente capitolato speciale d'appalto. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, a insindacabile giudizio della direzione lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali.

## Art. 13. **Provvista dei materiali**

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'appaltatore è libero di scegliere il luogo ove prelevare i materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purché essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri né all'incremento dei prezzi pattuiti.
Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera,

compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee e ripristino dei luoghi.

### Art. 14. **Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto**

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il direttore dei lavori può prescriverne uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.
Nel caso in cui il cambiamento comporterà una differenza in più o in meno del quinto del prezzo contrattuale del materiale, si farà luogo alla determinazione del nuovo prezzo ai sensi del regolamento n. 207/2010.
Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del direttore dei lavori, che riporti l'espressa approvazione del responsabile del procedimento.

### Art. 15. **Accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche**

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal presente capitolato speciale d'appalto, devono essere disposti dalla direzione dei lavori. La spesa è a carico dell'appaltatore. Per le stesse prove, la direzione dei lavori deve provvedere al prelievo del relativo campione e alla redazione dell'apposito verbale in contraddittorio con l'impresa; la certificazione effettuata dal laboratorio ufficiale prove materiali deve riportare espresso riferimento a tale verbale.
La direzione dei lavori può disporre ulteriori prove e analisi, ancorché non prescritte dal presente capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali, dei componenti o delle lavorazioni. Le relative spese saranno poste a carico dell'appaltatore.
Per le opere e i materiali strutturali, le verifiche tecniche devono essere condotte in applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

### Art. 16. **Indennità per occupazioni temporanee e danni arrecati**

A richiesta della stazione appaltante, l'appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, ove contrattualmente siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati a terzi.

# Capitolo 4. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

### Art. 17. **Materiali e prodotti per uso strutturale**

*17.1. Identificazione, certificazione e accettazione*

I materiali e i prodotti per uso strutturale, in applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008, devono essere:
- identificati mediante la descrizione a cura del fabbricante del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel

presente documento;
- accettati dal direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante le prove sperimentali di accettazione previste dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

*17.2. Procedure e prove sperimentali d'accettazione*

Tutte le prove sperimentali che servono a definire le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate dai laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, ovvero sotto il loro diretto controllo, sia per ciò che riguarda le prove di certificazione o di qualificazione sia per ciò che attiene quelle di accettazione.
I laboratori dovranno fare parte dell'albo dei laboratori ufficiali depositato presso il servizio tecnico centrale del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.
Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura CE ai sensi del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, ovvero la qualificazione secondo le Nuove norme tecniche, la relativa attestazione di conformità deve essere consegnata alla direzione dei lavori.
Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uopo stabilite dal servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate, ovvero a quelle previste nelle Nuove norme tecniche.
Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN o nazionali UNI, ovvero internazionali ISO, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo come diversamente specificato.
Il direttore dei lavori, per i materiali e i prodotti destinati alla realizzazione di opere strutturali e, in generale, nelle opere di ingegneria civile, ai sensi del paragrafo 2.1 delle Nuove norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008, deve, se necessario, ricorrere a procedure e prove sperimentali d'accettazione, definite su insiemi statistici significativi.

*17.3. Procedure di controllo di produzione in fabbrica*

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati dalle Nuove norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008, devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per *controllo di produzione nella fabbrica* si intende il controllo permanente della produzione effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto o ente di controllo.

## Art. 18. **Componenti del calcestruzzo**

*18.1. Leganti per opere strutturali*

Nelle opere strutturali devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità (rilasciato da un organismo europeo notificato) a una norma armonizzata della serie **UNI EN 197** ovvero a uno specifico benestare tecnico europeo (ETA), perché idonei all'impiego previsto, nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla legge 26 maggio 1965, n. 595.
È escluso l'impiego di cementi alluminosi.
L'impiego dei cementi richiamati all'art.1, lettera C della legge n. 595/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.
Per la realizzazione di dighe e altre simili opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione, devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso conformi alla norma europea armonizzata **UNI EN 14216**, in possesso di un certificato di conformità rilasciato da un organismo di certificazione europeo notificato.
Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive, si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e, fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o a eventuali altre specifiche azioni aggressive.

### *18.1.1. Fornitura*

I sacchi per la fornitura dei cementi devono essere sigillati e in perfetto stato di conservazione. Se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla direzione dei lavori e dovrà essere sostituito con altro idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi presso laboratori ufficiali. L'impresa deve disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento, che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termoigrometriche.

### *18.1.2. Marchio di conformità*

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:
- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

Ogni altra dicitura deve essere stata preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

**Tabella 15.1. Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

| **Classe** | **Resistenza alla compressione (N/mm$^2$)** | | | | **Tempo inizio presa (min)** | **Espansione (mm)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Resistenza iniziale** | | **Resistenza normalizzata 28 giorni** | | | |
| | **2 giorni** | **7 giorni** | | | | |
| 32,5 | - | > 16 | ≥ 32,5 | ≤ 52,5 | ≥ 60 | ≤ 10 |
| 32,5 R | > 10 | - | | | | |
| 4,25 | > 10 | - | ≥ 42,5 | ≤ 62,5 | | |
| 4,25 R | > 20 | - | | | | |
| 52,5 | > 20 | - | ≥ 52,5 | - | ≥ 45 | |
| 52,5 R | > 30 | - | | | | |

**Tabella 15.2. Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

| **Proprietà** | **Prova secondo** | **Tipo di cemento** | **Classe di resistenza** | **Requisiti**[1] |
|---|---|---|---|---|
| Perdita al fuoco | EN 196-2 | CEM I - CEM III | Tutte le classi | ≤ 5,0% |
| Residuo insolubile | EN 196-2 | CEM I - CEM III | Tutte le classi | ≤ 5,0% |
| Solfati come ($SO_3$) | EN 196-2 | CEM I CEM II[2] CEM IV CEM V | 32,5 32,5 R 42,5 | ≤ 3,5% |
| | | | 42,5 R 52,5 52,5 R | ≤ 4,0% |
| | | CEM III[3] | Tutte le classi | |
| Cloruri | EN 196-21 | Tutti i tipi[4] | Tutte le classi | ≤ 0,10% |
| Pozzolanicità | EN 196-5 | CEM IV | Tutte le classi | Esito positivo della prova |

[1] I requisiti sono espressi come percentuale in massa. [2] Questa indicazione comprende i cementi tipo CEM II/A e CEM II/B, ivi compresi i cementi Portland compositi contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/A-S o Ii/B-V, salvo il tipo CEM II/B-T, che può contenere fino al 4,5% di $SO_3$, per tutte le classi di resistenza. [3] Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di $SO_3$. [4] Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,100% di cloruri, ma, in tal caso, si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

**Tabella 15.3. Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

| **Proprietà** | | **Valori limite** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Classe di resistenza** | | | | | |
| | | **32,5** | **32,5R** | **42,5** | **42,5R** | **52,5** | **42,5R** |
| Limite inferiore di resistenza (N/mm$^2$) | 2 giorni | - | 8,0 | 8,0 | 18,0 | 18,0 | 28,0 |
| | 7 giorni | 14,0 | - | - | - | - | - |
| | 28 giorni | 30,0 | 30,0 | 40,0 | 40,0 | 50,0 | 50,0 |
| Tempo di inizio presa - Limite inferiore (min) | | 45 | | | 40 | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Stabilità (mm) - Limite superiore | | 11 | |
| Contenuto di SO3 (%) - Limite superiore | Tipo I Tipo II[1] Tipo IV Tipo V | 4,0 | 4,5 |
| | Tipo III/A Tipo III/B | 4,5 | |
| | Tipo III/C | 5,0 | |
| Contenuto di cloruri (%) - Limite superiore[2] | | 0,11 | |
| Pozzolanicità | | Positiva a 15 giorni | |
| [1] Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di $SO_3$ per tutte le classi di resistenza. [2] Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri. | | | |

### *18.1.3. Metodi di prova*

Ai fini dell'accettazione dei cementi la direzione dei lavori potrà effettuare le seguenti prove:
**UNI EN 196-1** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 1. Determinazione delle resistenze meccaniche*;
**UNI EN 196-2** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 2. Analisi chimica dei cementi*;
**UNI EN 196-3** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 3. Determinazione del tempo di presa e della stabilità*;
**UNI ENV SPERIMENTALE 196-4** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 4. Determinazione quantitativa dei costituenti*;
**UNI EN 196-5** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 5. Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici*;
**UNI EN 196-6** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 6. Determinazione della finezza*;
**UNI EN 196-7** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 7. Metodi di prelievo e di campionatura del cemento*;
**UNI EN 196-8** - *Metodi di prova dei cement. Parte 8. Calore d'idratazione. Metodo per soluzione*;
**UNI EN 196-9** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 9. Calore d'idratazione. Metodo semiadiabatico*;
**UNI EN 196-10** - *Metodi di prova dei cementi. Parte 10. Determinazione del contenuto di cromo (VI) idrosolubile nel cemento*;
**UNI EN 196-21** - *Metodi di prova dei cementi. Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento*;
**UNI EN 197-1** - *Cemento. Parte 1. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni*;
**UNI EN 197-2** - *Cemento. Parte 2. Valutazione della conformità*;
**UNI EN 197-4** - *Cemento. Parte 4. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi d'altoforno con bassa resistenza iniziale*;
**UNI 10397** - *Cementi. Determinazione della calce solubilizzata nei cementi per dilavamento con acqua distillata*;
**UNI EN 413-1** - *Cemento da muratura. Parte 1. Composizione, specificazioni e criteri di conformità*;
**UNI EN 413-2** - *Cemento da muratura. Parte 2: Metodi di prova*;
**UNI 9606** - *Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione*.

### *18.2. Aggregati*

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata **UNI EN 12620** e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata **UNI EN 13055-1**.
È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella 15.4, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata **UNI EN 12620**, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

**Tabella 15.4. Limiti di impiego degli aggregati grossi provenienti da riciclo**

| Origine del materiale da riciclo | Classe del calcestruzzo | Percentuale di impiego |
|---|---|---|
| Demolizioni di edifici (macerie) | = C8/10 | fino al 100% |
| Demolizioni di solo calcestruzzo e calcestruzzo armato | ≤ C30/37 | ≤ 30% |
| | ≤ C20/25 | fino al 60% |
| Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati (da qualsiasi classe > C45/55) | ≤ C45/55 Stessa classe del calcestruzzo di origine | fino al 15% fino al 5% |

Si potrà fare utile riferimento alle norme **UNI 8520-1** e **UNI 8520-2** al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella 15.4.
Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature.
La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature e devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per l'eliminazione di materie nocive.
Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie pulverulenti e deve essere costituito da elementi le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

### *18.2.1. Sistema di attestazione della conformità*

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, è indicato nella tabella 15.5.
Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio e approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

**Tabella 15.5. Sistema di attestazione della conformità degli aggregati**

| Specifica tecnica europea armonizzata di riferimento | Uso previsto | Sistema di attestazione della conformità |
|---|---|---|
| Aggregati per calcestruzzo | Calcestruzzo strutturale | 2+ |

### *18.2.2. Marcatura CE*

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura CE sono riportati nella tabella 15.6.
La produzione dei prodotti deve avvenire con un livello di conformità 2+, certificato da un organismo notificato.

**Tabella 15.6. Aggregati che devono riportare la marcatura CE**

| Impiego aggregato | Norme di riferimento |
|---|---|
| Aggregati per calcestruzzo | UNI EN 12620 |
| Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate | UNI EN 13043 |
| Aggregati leggeri. Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiacca | UNI EN 13055-1 |
| Aggregati grossi per opere idrauliche (armourstone). Parte 1 | UNI EN 13383-1 |
| Aggregati per malte | UNI EN 13139 |
| Aggregati per miscele non legate e miscele legate utilizzati nelle opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade | UNI EN 13242 |
| Aggregati per massicciate ferroviarie | UNI EN 13450 |

### *18.2.3. Controlli d'accettazione*

I controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del direttore dei lavori, come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, devono essere finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella tabella 15.7, insieme ai relativi metodi di prova.
I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle norme europee armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

**Tabella 15.7. Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale**

| Caratteristiche tecniche | Metodo di prova |
|---|---|
| Descrizione petrografica semplificata | UNI EN 932-3 |
| Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini) | UNI EN 933-1 |

| | |
|---|---|
| Indice di appiattimento | UNI EN 933-3 |
| Dimensione per il filler | UNI EN 933-10 |
| Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo) | UNI EN 933-4 |
| Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck}$ ≥ C50/60) | UNI EN 1097-2 |

### *18.2.4. Sabbia*

Ferme restando le considerazioni dei paragrafi precedenti, la sabbia per il confezionamento delle malte o del calcestruzzo deve essere priva di solfati e di sostanze organiche, terrose o argillose e avere dimensione massima dei grani di 2 mm, per murature in genere, e di 1 mm, per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose. Prima dell'impiego, se necessario, deve essere lavata con acqua dolce per eliminare eventuali materie nocive.

#### *18.2.4.1. Verifiche sulla qualità*

La direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia e dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego.

Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultino da un certificato emesso in seguito a esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave, e i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla direzione dei lavori.

Il prelevamento dei campioni di sabbia deve avvenire normalmente dai cumuli sul luogo di impiego; diversamente, può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai silos. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale e, in particolare, la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova possono riguardare l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

### *18.2.5. Norme per gli aggregati per la confezione di calcestruzzi*

Riguardo all'accettazione degli aggregati impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 15.7, può fare riferimento anche alle seguenti norme:

**UNI 8520-1** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche*;

**UNI 8520-2** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Requisiti*;

**UNI 8520-7** - *Aggregati per la confezione calcestruzzi. Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI 2332*;

**UNI 8520-8** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili*;

**UNI 8520-13** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini*;

**UNI 8520-16** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro)*;

**UNI 8520-17** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi*;

**UNI 8520-20** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi*;

**UNI 8520-21** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note*;

**UNI 8520-22** - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali*;

**UNI EN 1367-2** - *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Prova al solfato di magnesio*;

**UNI EN 1367-4** - *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Determinazione del ritiro per essiccamento*;

**UNI EN 12620** - *Aggregati per calcestruzzo*;
**UNI EN 1744-1** - *Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati. Analisi chimica*;
**UNI EN 13139** - *Aggregati per malta.*

### *18.2.6. Norme di riferimento per gli aggregati leggeri*

Riguardo all'accettazione degli aggregati leggeri impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 15.7, potrà farà riferimento anche alle seguenti norme:
**UNI EN 13055-1** - *Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione*;
**UNI EN 13055-2** - *Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati*;
**UNI 11013** - *Aggregati leggeri. Argilla e scisto espanso. Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale.*

## *18.3. Aggiunte*

È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio.
Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450** e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalle norme **UNI EN 206-1** e **UNI 11104**.
I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

### *18.3.1. Ceneri volanti*

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone, dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, ecc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.
Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche, che devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450**.
Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non deve essere computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.
Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 450-1** - *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità*;
**UNI EN 450-2** - *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità*;
**UNI EN 451-1** - *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero*;
**UNI EN 451-2** - *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione della finezza mediante stacciatura umida*.

### *18.3.2. Microsilice*

La silice attiva colloidale amorfa è costituita da particelle sferiche isolate di $SiO_2$, con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, e ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.
La silica fume può essere fornita allo stato naturale, così come può essere ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa.
Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche.
Il dosaggio della silica fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento.
Tale aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Se si utilizzano cementi di tipo I, potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto acqua/cemento una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento.
Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silica fume.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 8981-8** - *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice*;
**UNI EN 13263-1** - *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità*;
**UNI EN 13263-2** - *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità.*

### *18.4. Additivi*

L'impiego di additivi, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.
Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:
- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti;
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea **UNI EN 934-2**.
L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.
Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:
- essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- non provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- non interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo. In caso contrario, si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo una valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.
Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.
Per le modalità di controllo e di accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

#### *18.4.1. Additivi acceleranti*

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido, hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare ad un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche.
Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. In caso di prodotti che non contengono cloruri, tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto, lo si dovrà opportunamente diluire prima dell'uso.
La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;

- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.
In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

### *18.4.2. Additivi ritardanti*

Gli additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della direzione dei lavori, per:
- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.
La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.
Le prove di resistenza a compressione devono essere eseguite di regola dopo la stagionatura di 28 giorni e la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.
In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

### *18.4.3. Additivi antigelo*

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.
Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento, che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto, prima dell'uso, dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.
La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi d'inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.
Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

### *18.4.4. Additivi fluidificanti e superfluidificanti*

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.
L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.
Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo. La direzione dei lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.
Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra lo 0,2 e lo 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.
In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.
La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:
- la determinazione della consistenza dell'impasto mediante l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla norma **UNI 8020**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14

gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la prova di essudamento prevista dalla norma **UNI 7122**.

### *18.4.5. Additivi aeranti*

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra lo 0,005 e lo 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.
La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:
- la determinazione del contenuto d'aria secondo la norma **UNI EN 12350-7**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- prova di resistenza al gelo secondo la norma **UNI 7087**;
- prova di essudamento secondo la norma **UNI 7122**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

#### *18.4.5.1. Norme di riferimento*

La direzione dei lavori, per quanto non specificato, per valutare l'efficacia degli additivi potrà disporre l'esecuzione delle seguenti prove:
**UNI 7110** - *Additivi per impasti cementizi. Determinazione della solubilità in acqua distillata e in acqua satura di calce*;
**UNI 10765** - *Additivi per impasti cementizi. Additivi multifunzionali per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e criteri di conformità*;
**UNI EN 480** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo*;
**UNI EN 480-5** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 5: Determinazione dell'assorbimento capillare*;
**UNI EN 480-6** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 6: Analisi all'infrarosso*;
**UNI EN 480-8** - A*dditivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di sostanza secca convenzionale*;
**UNI EN 480-10** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di cloruri solubili in acqua*;
**UNI EN 480-11** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 11: Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di aria nel calcestruzzo indurito*;
**UNI EN 480-12** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 12: Determinazione del contenuto di alcali negli additivi*;
**UNI EN 480-13** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova.* Parte 13: *Malta da muratura di riferimento per le prove sugli additivi per malta*;
**UNI EN 480-14** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 14: Determinazione dell'effetto sulla tendenza alla corrosione dell'acciaio di armatura mediante prova elettrochimica potenziostatica*;
**UNI EN 934-1** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 1. Requisiti comuni*;
**UNI EN 934-2** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura*;
**UNI EN 934-3** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 3. Additivi per malte per opere murarie. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura*;
**UNI EN 934-4** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 4. Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura*;
**UNI EN 934-5** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 5. Additivi per calcestruzzo proiettato. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura*;
**UNI EN 934-6** - *Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 6. Campionamento, controllo e valutazione della conformità.*

*18.5. Agenti espansivi*

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica sia indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra il 7 e il 10% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.
La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 8146** - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Idoneità e relativi metodi di controllo*;
**UNI 8147** - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo*;
**UNI 8148** - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo*;
**UNI 8149** - *Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione della massa volumica*.

*18.6. Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo*

Gli eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norme comprese tra **UNI 8656** e **UNI 8660**.
L'appaltatore deve preventivamente sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione. Il direttore dei lavori deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (per esempio, con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 8656** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti*;
**UNI 8657** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d acqua*;
**UNI 8658** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento*;
**UNI 8659** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco*;
**UNI 8660** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

*18.7. Prodotti disarmanti*

Come disarmanti per le strutture in cemento armato, è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.
Dovranno, invece, essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norma **UNI 8866** (parti 1 e 2), per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito, specie se a faccia vista.

*18.8. Acqua di impasto*

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali in percentuali dannose (particolarmente solfati e cloruri), priva di materie terrose e non aggressiva.
L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o di uso, potrà essere trattata con speciali additivi, per evitare l'insorgere di reazioni chmico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto.
È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma **UNI EN 1008**, come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.
A discrezione della direzione dei lavori, l'acqua potrà essere trattata con speciali additivi, in base al tipo di intervento o di uso, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

**Tabella 15.8. Acqua di impasto**

| Caratteristica | Prova | Limiti di accettabilità |
|---|---|---|
| Ph | Analisi chimica | Da 5,5 a 8,5 |
| Contenuto solfati | Analisi chimica | $SO_4$ minore 800 mg/l |
| Contenuto cloruri | Analisi chimica | Cl minore 300 mg/l |
| Contenuto acido solfidrico | Analisi chimica | minore 50 mg/l |
| Contenuto totale di sali minerali | Analisi chimica | minore 3000 mg/l |
| Contenuto di sostanze organiche | Analisi chimica | minore 100 mg/l |
| Contenuto di sostanze solide sospese | Analisi chimica | minore 2000 mg/l |

### *18.9. Classi di resistenza del conglomerato cementizio*

#### *18.9.1. Classi di resistenza*

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale, si può fare utile riferimento a quanto indicato nella norma **UNI EN 206-1** e nella norma **UNI 11104**.
Sulla base della denominazione normalizzata, vengono definite le classi di resistenza riportate in tabella 15.9.

**Tabella 15.9. Classi di resistenza**

| Classi di resistenza |
|---|
| C8/10 |
| C12/15 |
| C16/20 |
| C20/25 |
| C25/30 |
| C28/35 |
| C32/40 |
| C35/45 |
| C40/50 |
| C45/55 |
| C50/60 |
| C55/67 |
| C60/75 |
| C70/85 |
| C80/95 |
| C90/105 |

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella tabella 15.10, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità.
Per classi di resistenza superiore a C70/85 si rinvia al paragrafo 15.9.2 di questo capitolato.
Per le classi di resistenza superiori a C45/55, la resistenza caratteristica e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato devono essere accertate prima dell'inizio dei lavori tramite un'apposita sperimentazione preventiva e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

**Tabella 15.10. Impiego delle diverse classi di resistenza**

| Strutture di destinazione | Classe di resistenza minima |
|---|---|
| Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11 N.T.) | C8/10 |
| Per strutture semplicemente armate | C16/20 |
| Per strutture precompresse | C28/35 |

#### *18.9.2. Costruzioni di altri materiali*

I materiali non tradizionali o non trattati nelle Norme tecniche per le costruzioni potranno essere utilizzati per la realizzazione di elementi strutturali o opere, previa autorizzazione del servizio tecnico centrale su parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, autorizzazione che riguarderà l'utilizzo del materiale nelle specifiche

tipologie strutturali proposte sulla base di procedure definite dal servizio tecnico centrale.
Si intende qui riferirsi a materiali quali calcestruzzi di classe di resistenza superiore a C70/85, calcestruzzi fibrorinforzati, acciai da costruzione non previsti nel paragrafo 4.2 delle Norme tecniche per le costruzioni, leghe di alluminio, leghe di rame, travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante, materiali polimerici fibrorinforzati, pannelli con poliuretano o polistirolo collaborante, materiali murari non tradizionali, vetro strutturale, materiali diversi dall'acciaio con funzione di armatura da cemento armato.

## Art. 19. **Acciaio per cemento armato**

### *19.1. Le forme di controllo obbligatorie*

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni per tutti gli acciai prevedono tre forme di controllo obbligatorie (paragrafo 11.3.1):
- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:
- lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 t;
- forniture: sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee;
- lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

### *19.2. La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati*

Ciascun prodotto qualificato deve essere costantemente riconoscibile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative, e rintracciabile, per quanto concerne lo stabilimento di produzione.
Il marchio indelebile deve essere depositato presso il servizio tecnico centrale e deve consentire, in maniera inequivocabile, di risalire:
- all'azienda produttrice;
- allo stabilimento;
- al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

Per *stabilimento* si intende un'unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.
Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali, per esempio, l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane, comunque, l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda le barre e i rotoli.
Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.
Per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che, prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.), il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio, nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.
Tenendo presente che gli elemeti determinanti della marcatura sono la sua inalterabilità nel tempo e

l'impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al servizio tecnico centrale, e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate.
I prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:
- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.
Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal servizio tecnico centrale.

Nella tabella 16.1 si riportano i numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma **UNI EN 10080**, caratterizzanti nervature consecutive. Nel caso specifico dell'Italia si hanno quattro nervature consecutive.

**Tabella 16.1. Numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma UNI EN 10080**

| **Paese produttore** | **Numero di nervature trasversali normali tra l'inizio della marcatura e la nervatura rinforzata successiva** |
|---|---|
| Austria, Germania | 1 |
| Belgio, Lussemburgo, Paesi Bassi, Svizzera | 2 |
| Francia | 3 |
| Italia | 4 |
| Irlanda, Islanda, Regno Unito | 5 |
| Danimarca, Finlandia, Norvegia, Svezia | 6 |
| Portogallo, Spagna | 7 |
| Grecia | 8 |
| Altri | 9 |

IDENTIFICAZIONE DEL PRODUTTORE
Il criterio di identificazione dell'acciaio prevede che su un lato della barra/rotolo vengano riportati dei simboli che identificano l'inizio di lettura del marchio (start: due nervature ingrossate consecutive), l'identificazione del paese produttore e dello stabilimento.

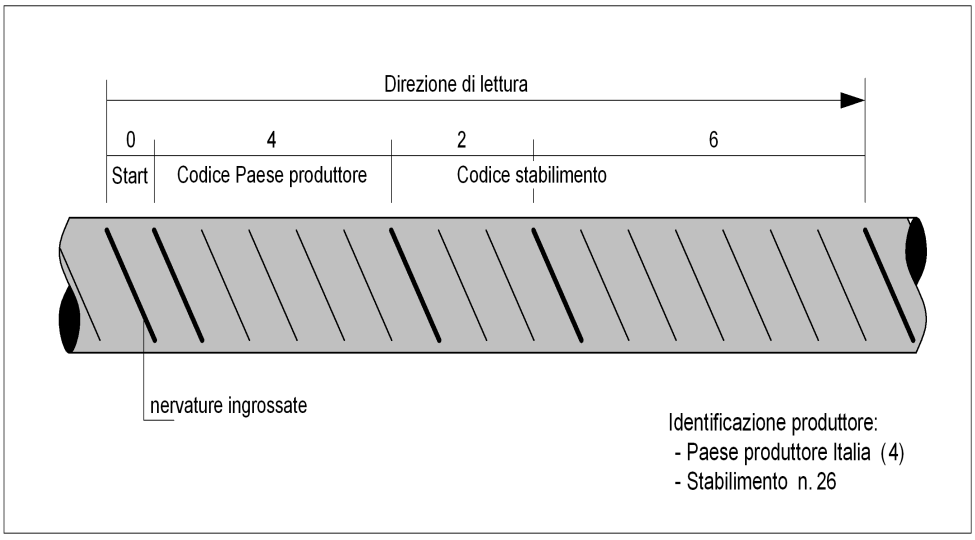


**Figura 16.1**
**Identificazione del produttore**

IDENTIFICAZIONE DELLA CLASSE TECNICA

Sull'altro lato della barra/rotolo, l'identificazione prevede dei simboli che identificano l'inizio della lettura (start: tre nervature ingrossate consecutive) e un numero che identifica la classe tecnica dell'acciaio che deve essere depositata presso il registro europeo dei marchi, da 101 a 999 escludendo i multipli di 10. La figura 16.2 riporta è riferito a un acciaio di classe tecnica n. 226.

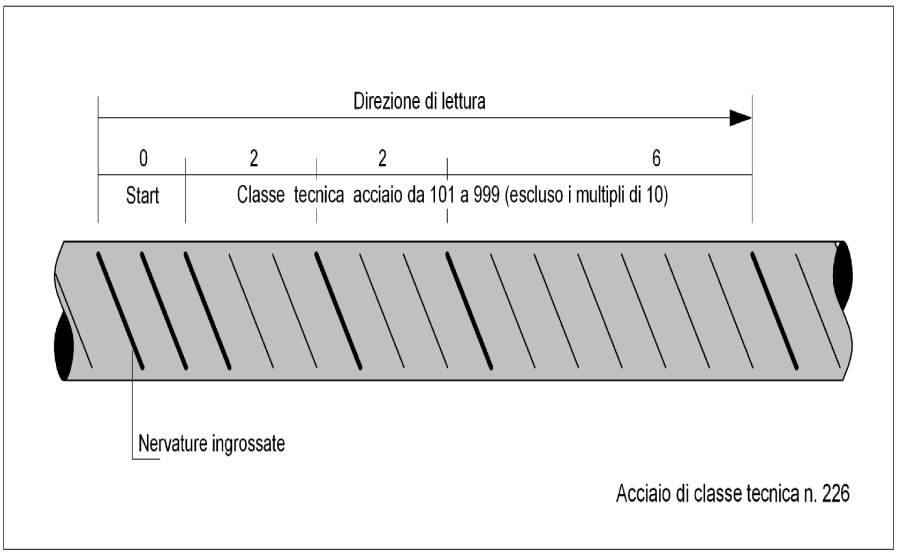


**Figura 16.2**
**Identificazione della classe tecnica**

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio ufficiale non possono assumere valenza ai sensi delle Norme tecniche per le costruzioni e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

### *19.2.1. Il caso dell'unità marcata scorporata. Le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori per le prove di laboratorio*

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il servizio tecnico centrale.
In tal caso, i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal direttore dei lavori.

### *19.2.2. Conservazione della documentazione d'accompagnamento*

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno dieci anni e devono mantenere evidenti le marcature o le etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

### *19.2.3. Indicazione del marchio identificativo nei certificati delle prove meccaniche*

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento sia in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove.

Nel caso i campioni fossero sprovvisti del marchio identificativo, ovvero il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il servizio tecnico centrale, il laboratorio dovrà tempestivamente informare di ciò il servizio tecnico centrale e il direttore dei lavori.
Le certificazioni così emesse non possono assumere valenza ai fini della vigente normativa, il materiale non può essere utilizzato e il direttore dei lavori deve prevedere, a cura e spese dell'impresa, l'allontanamento dal cantiere del materiale non conforme.

#### *19.2.4. Forniture e documentazione di accompagnamento: l'attestato di qualificazione*

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale (paragrafo 11.3.1.5).
L'attestato di qualificazione può essere utilizzato senza limitazione di tempo, inoltre deve riportare il riferimento al documento di trasporto.
Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.
Il direttore dei lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### *19.2.5. Centri di trasformazione*

Le Nuove norme tecniche (paragrafo 11.3.2.6) definiscono *centro di trasformazione*, nell'ambito degli acciai per cemento armato, un impianto esterno al produttore e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, per esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.
Il centro di trasformazione deve possedere tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

##### *19.2.5.1. Rintracciabilità dei prodotti*

Il centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale.
Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

##### *19.2.5.2. Documentazione di accompagnamento e verifiche del direttore dei lavori*

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:
- da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal servizio tecnico centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il direttore dei lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore statico, che deve riportare nel certificato di collaudo statico gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

### *19.3. I tipi d'acciaio per cemento armato*

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni ammettono esclusivamente l'impiego di acciai saldabili e nervati idoneamente qualificati secondo le procedure previste dalle stesse norme e controllati con le modalità previste per gli acciai per cemento armato precompresso e per gli acciai per carpenterie metalliche.
I tipi di acciai per cemento armato sono indicati nella tabella 16.2.

**Tabella 16.2. Tipi di acciai per cemento armato**

| Tipi di acciaio per cemento armato previsti dalle norme precedenti | Tipi di acciaio previsti dal D.M. 14 gennaio 2008 (saldabili e ad aderenza migliorata) |
|---|---|
| FeB22k e FeB32k (barre tonde lisce) | B450C ($6 \le \varnothing \le 50$ mm) |
| FeB38k e FeB44k (barre tonde nervate) | B450A ($5 \le \varnothing \le 12$ mm) |

#### *19.3.1. L'acciaio per cemento armato B450C*

L'acciaio per cemento armato B450C (laminato a caldo) è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:
- $f_{y\,nom}$: 450 N/mm$^2$;
- $f_{t\,nom}$: 540 N/mm$^2$.

e deve rispettare i requisiti indicati nella tabella 16.3.

**Tabella 16.3. Acciaio per cemento armato laminato a caldo B450C**

| Caratteristiche | | Requisiti | Frattile (%) |
|---|---|---|---|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ | | $\ge f_{y\,nom}$ | 5,0 |
| Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ | | $\ge f_{t\,nom}$ | 5,0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | | $\ge 1{,}15 \le 1{,}35$ | 10,0 |
| $(f_y/f_{y\,nom})_k$ | | $\le 1{,}25$ | 10,0 |
| Allungamento $(A_{gt})_k$ | | $\ge 7{,}5\%$ | 10,0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche | $\phi < 12$ mm | 4 $\phi$ | - |
| | $12 \le \phi \le 16$ mm | 5 $\phi$ | - |
| | per $16 < \phi \le 25$ mm | 8 $\phi$ | - |
| | per $25 < \phi \le 50$ mm | 10 $\phi$ | - |

#### *19.3.2. L'acciaio per cemento armato B450A*

L'acciaio per cemento armato B450A (trafilato a freddo), caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella tabella 16.4.

**Tabella 16.4. Acciaio per cemento armato trafilato a freddo B450A**

| Caratteristiche | Requisiti | Frattile (%) |
|---|---|---|
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ | $\ge f_{y\,nom}$ | 5,0 |
| Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ | $\ge f_{t\,nom}$ | 5,0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | $\ge 1{,}05$ | 10,0 |
| $(f_y/f_{y\,nom})_k$ | $\le 1{,}25$ | 10,0 |
| Allungamento $(A_{gt})_k$ | $\ge 2{,}5\%$ | 10,0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi < 10$ mm | 4 $\phi$ | |

#### *19.3.3. L'accertamento delle proprietà meccaniche*

L'accertamento delle proprietà meccaniche degli acciai deve essere condotto secondo le seguenti norme (paragrafo 11.3.2.3 Nuove norme tecniche):
**UNI EN ISO 15630-1** - *Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato*;
**UNI EN ISO 15630-2** - *Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 2: Reti saldate*.

Per gli acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche devono essere determinate su provette mantenute per 60 minuti a 100 ± 10 °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.
In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si deve sostituire $f_y$, con $f_{(0,2)}$.

LA PROVA DI PIEGAMENTO
La prova di piegamento e di raddrizzamento deve essere eseguita alla temperatura di 20 + 5 °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 minuti a 100 ± 10 °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

LA PROVA DI TRAZIONE
La prova a trazione per le barre è prevista dalla norma **UNI EN ISO 15630-1**. I campioni devono essere prelevati in contraddittorio con l'appaltatore al momento della fornitura in cantiere. Gli eventuali trattamenti di invecchiamento dei provini devono essere espressamente indicati nel rapporto di prova.
La lunghezza dei campioni delle barre per poter effettuare sia la prova di trazione sia la prova di piegamento deve essere di almeno 100 cm (consigliato 150 cm).
Riguardo alla determinazione di $A_{gt}$, allungamento percentuale totale alla forza massima di trazione $F_m$, bisogna considerare che:
- se $A_{gt}$ è misurato usando un estensimetro, $A_{gt}$ deve essere registrato prima che il carico diminuisca più di 0,5% dal relativo valore massimo;
- se $A_{gt}$ è determinato con il metodo manuale, $A_{gt}$ deve essere calcolato con la seguente formula:

$$A_{gt} = A_g + R_m/2000$$

dove
$A_g$ è l'allungamento percentuale non-proporzionale al carico massimo $F_m$
$R_m$ è la resistenza a trazione (N/mm$^2$).

La misura di $A_g$ deve essere fatta su una lunghezza della parte calibrata di 100 mm a una distanza $r_2$ di almeno 50 mm o 2$d$ (il più grande dei due) lontano dalla frattura. Questa misura può essere considerata come non valida se la distanza $r_1$ fra le ganasce e la lunghezza della parte calibrata è inferiore a 20 mm o $d$ (il più grande dei due).
La norma **UNI EN 15630-1** stabilisce che in caso di contestazioni deve applicarsi il metodo manuale.

### *19.4. Le caratteristiche dimensionali e di impiego*

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni (paragrafo 11.3.2.4 Nuove norme tecniche).
Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.
Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.
La marcatura dei prodotti deve consentirne l'identificazione e la rintracciabilità.
La documentazione di accompagnamento delle forniture deve rispettare le prescrizioni stabilite dalle Norme tecniche, in particolare è necessaria per quei prodotti per i quali non sussiste l'obbligo della marcatura CE.
Le barre sono caratterizzate dal diametro $\phi$ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm$^3$.
I diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A, in barre e in rotoli, sono riportati nelle tabelle 16.5 e 16.6.

**Tabella 16.5. Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in barre**

| Acciaio in barre | Diametro $\phi$ (mm) |
|---|---|
| B450C | $6 \le \phi \le 40$ |
| B450A | $5 \le \phi \le 10$ |

**Tabella 16.6. Diametri di impiego per gli acciai B450C E B450A in rotoli**

| Acciaio in rotoli | Diametro $\phi$ (mm) |
|---|---|
| B450C | $6 \le \phi \le 16$ |
| B450A | $5 \le \phi \le 10$ |

### *19.4.1. La sagomatura e l'impiego*

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che la sagomatura e/o l'assemblaggio dei prodotti possono avvenire (paragrafo 11.3.2.4 Nuove norme tecniche):
- in cantiere, sotto la vigilanza della direzione dei lavori;
- in centri di trasformazione, solo se dotati dei requisiti previsti.

Nel primo caso, per *cantiere* si intende esplicitamente l'area recintata del cantiere, all'interno della quale il costruttore e la direzione dei lavori sono responsabili dell'approvvigionamento e lavorazione dei materiali, secondo le competenze e responsabilità che la legge da sempre attribuisce a ciascuno.
Al di fuori dell'area di cantiere, tutte le lavorazioni di sagomatura e/o assemblaggio devono avvenire esclusivamente in centri di trasformazione provvisti dei requisiti delle indicati dalle Nuove norme tecniche.

### *19.4.2. Le reti e i tralicci elettrosaldati*

Gli acciai delle reti e dei tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare i 330 mm.
I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre e assemblati mediante saldature.
Per le reti e i tralicci in acciaio (B450C o B450A), gli elementi base devono avere diametro $\phi$ come riportato nella tabella 16.7.

**Tabella 16.7. Diametro $\varphi$ degli elementi base per le reti e i tralicci in acciaio B450C e B450A**

| Acciaio tipo | Diametro $\phi$ degli elementi base |
|---|---|
| B450C | 6 mm $\le \phi \le$ 16 mm |
| B450A | 5 mm $\le \phi \le$ 10 mm |

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti le reti e i tralicci deve essere: $\phi_{min}/\phi_{max} \ge 0{,}6$.
I nodi delle reti devono resistere a una forza di distacco determinata in accordo con la norma **UNI EN ISO 15630-2** pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm$^2$. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione di seguito riportate.
In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci, è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili.
La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.
Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti da acciai provvisti di specifica qualificazione o da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.
In ogni caso, il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio.

LA MARCHIATURA DI IDENTIFICAZIONE

Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso, la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo l'annegamento nel calcestruzzo della rete o del traliccio elettrosaldato.
Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura, con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore. In questo caso, il direttore dei lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, deve verificare la presenza della predetta etichettatura.
Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

### *19.5. La saldabilità*

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella tabella 16.8, dove il calcolo del carbonio equivalente $C_{eq}$ è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

**Tabella 16.8. Massimo contenuto di elementi chimici in percentuale (%)**

| Elemento | Simbolo | Analisi di prodotto | Analisi di colata |
|---|---|---|---|
| Carbonio | *C* | 0,24 | 0,22 |
| Fosforo | *P* | 0,055 | 0,050 |
| Zolfo | *S* | 0,055 | 0,050 |
| Rame | *Cu* | 0,85 | 0,80 |
| Azoto | *N* | 0,013 | 0,012 |
| Carbonio equivalente | $C_{eq}$ | 0,52 | 0,50 |

È possibile eccedere il valore massimo di *C* dello 0,03% in massa, a patto che il valore del $C_{eq}$ venga ridotto dello 0,02% in massa.
Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

### *19.6. Le tolleranze dimensionali*

La deviazione ammissibile per la massa nominale dei diametri degli elementi d'acciaio deve rispettare le tolleranze riportate nella tabella 16.9.

**Tabella 16.9. Deviazione ammissibile per la massa nominale**

| **Diametro nominale (mm)** | $5 \le \phi \le 8$ | $8 < \phi \le 40$ |
|---|---|---|
| **Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego** | ±6 | ±4,5 |

### *19.7. Le procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario, barre e rotoli*

#### *19.7.1. I controlli sistematici*

Le prove di qualificazione e di verifica periodica, di cui ai successivi punti, devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti, anche se provenienti dallo

stesso stabilimento.
I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marchiatura differenziata.

### *19.7.2. Le prove di qualificazione*

Il laboratorio ufficiale prove incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 75 saggi, ricavati da tre diverse colate o lotti di produzione, 25 per ogni colata o lotto di produzione, scelti su tre diversi diametri opportunamente differenziati, nell'ambito della gamma prodotta.
Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.
Sui campioni devono essere determinati, a cura del laboratorio ufficiale incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura $f_y$ e $f_t$, l'allungamento $A_{gt}$ ed effettuate le prove di piegamento.

### *19.7.3. Le prove periodiche di verifica della qualità*

Ai fini della verifica della qualità, il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, ad intervalli non superiori a tre mesi, prelevando tre serie di cinque campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro, scelte con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, e provenienti da una stessa colata.
Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Su tali serie il laboratorio ufficiale deve effettuare le prove di resistenza e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e di rottura vengono introdotti nelle precedenti espressioni, le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque saggi, facenti parte dello stesso gruppo di diametri, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo $n = 25$).
Se i valori caratteristici riscontrati risultano inferiori ai minimi per gli acciai B450C e B450A, il laboratorio incaricato deve darne comunicazione al servizio tecnico centrale e ripetere le prove di qualificazione solo dopo che il produttore ha eliminato le cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.
Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità per gli acciai B450C e B450A, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi deve essere ripetuto. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione.
Le tolleranze dimensionali devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.
Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'area relativa di nervatura o di dentellatura.

**Tabella 16.10. Verifica di qualità per ciascuno dei gruppi di diametri**

| Intervallo di prelievo | Prelievo | Provenienza |
|---|---|---|
| ≤ 1 mese | 3 serie di 5 campioni 1 serie = 5 barre di uno stesso diametro | Stessa colata |

**Tabella 16.11. Verifica di qualità non per gruppi di diametri**

| Intervallo di prelievo | Prelievo | Provenienza |
|---|---|---|
| ≤ 1 mese | 15 saggi prelevati da 3 diverse colate: - 5 saggi per colata o lotto di produzione indipendentemente dal diametro | Stessa colata o lotto di produzione |

### *19.7.4. La verifica delle tolleranze dimensionali per colata o lotto di produzione*

Ai fini del controllo di qualità, le tolleranze dimensionali di cui alla tabella 16.9 devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Qualora la tolleranza sulla sezione superi il ± 2%, il rapporto di prova di verifica deve riportare i diametri medi effettivi.

### *19.7.5. La facoltatività dei controlli su singole colate o lotti di produzione*

I produttori già qualificati possono richiedere, di loro iniziativa, di sottoporsi a controlli su singole colate o lotti di produzione, eseguiti a cura di un laboratorio ufficiale prove. Le colate o lotti di produzione sottoposti a controllo devono essere cronologicamente ordinati nel quadro della produzione globale.
I controlli consistono nel prelievo, per ogni colata e lotto di produzione e per ciascun gruppo di diametri da essi ricavato, di un numero *n* di saggi, non inferiore a dieci, sui quali si effettuano le prove di verifica di qualità per gli acciai in barre, reti e tralicci elettrosaldati.
Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura devono essere calcolate con le espressioni per i controlli sistematici in stabilimento per gli acciai in barre e rotoli, nelle quali *n* è il numero dei saggi prelevati dalla colata.

### *19.7.6. I controlli nei centri di trasformazione*

I controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e devono essere effettuati:
- in caso di utilizzo di barre, su ciascuna fornitura o comunque ogni 90 t;
- in caso di utilizzo di rotoli, ogni dieci rotoli impiegati.

Qualora non si raggiungano le quantità sopra riportate, in ogni caso deve essere effettuato almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione.
Ciascun controllo deve essere costituito da tre spezzoni di uno stesso diametro per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi alle eventuali forniture provenienti da altri stabilimenti.
I controlli devono consistere in prove di trazione e piegamento e devono essere eseguiti dopo il raddrizzamento.
In caso di utilizzo di rotoli deve altresì essere effettuata, con frequenza almeno mensile, la verifica dell'area relativa di nervatura o di dentellatura, secondo il metodo geometrico di cui alla norma **UNI EN ISO 15630-1**.
Tutte le prove suddette devono essere eseguite dopo le lavorazioni e le piegature atte a dare a esse le forme volute per il particolare tipo di impiego previsto.
Le prove di cui sopra devono essere eseguite e certificate dai laboratori ufficiali prove.
Il direttore tecnico di stabilimento curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

### *19.7.7. I controlli di accettazione in cantiere*

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati dal direttore dei lavori entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, in ragione di tre spezzoni marchiati e di uno stesso diametro scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.
I valori di resistenza e allungamento di ciascun campione da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti a uno stesso diametro devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella 16.12. Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.
Nel caso di campionamento e di prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.
Se un risultato è minore del valore, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso, occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.
Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato

deve essere considerato conforme.
Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante, che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio ufficiale.
Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui dieci ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo, secondo quanto sopra riportato. In caso contrario, il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al servizio tecnico centrale.

**Tabella 16.12. Valori di resistenza e di allungamento accettabili**

| **Caratteristica** | **Valore limite** | **Note** |
|---|---|---|
| $f_y$ minimo | 425 N/mm$^2$ | (450 - 25) N/mm$^2$ |
| $f_y$ massimo | 572 N/mm$^2$ | [450 · (1,25 + 0,02)] N/mm$^2$ |
| $A_{gt}$ minimo | ≥ 6,0% | Per acciai B450C |
| $A_{gt}$ minimo | ≥ 2,0% | Per acciai B450A |
| Rottura/snervamento | $1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$ | Per acciai B450C |
| Rottura/snervamento | $f_t/f_y \geq 1,03$ | Per acciai B450A |
| Piegamento/raddrizzamento | Assenza di cricche | Per tutti |

#### *19.7.8. Il prelievo dei campioni e la domanda al laboratorio prove*

Il prelievo dei campioni di barre d'armatura deve essere effettuato a cura del direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale prove incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.
Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i necessari controlli. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori. Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.
La domanda di prove al laboratorio ufficiale autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.
In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle norme tecniche e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

## Art. 20. **Acciaio per cemento armato precompresso**

### *20.1. Generalità*

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure previste dalle Norme tecniche per le costruzioni.

### *20.2. Le caratteristiche dimensionali*

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito secondo le forme indicate qui di seguito:
- filo: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- barra: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;
- treccia: due o tre fili avvolti a elica intorno al loro comune asse longitudinale. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;
- trefolo: fili avvolti a elica intorno a un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme e vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle

strutture precompresse ad armature pretese.
Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, o con risalti e vengono individuate mediante il diametro nominale.
I prodotti devono essere dotati di marcatura generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature.
Le forniture devono essere accompagnate dalla prescritta documentazione.
Gli acciai per armature da precompressione possono essere forniti in:
- rotoli (fili, trecce, trefoli);
- bobine (trefoli);
- fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm. Il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.
Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte, deve essere esente da saldature.
Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura, purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate.
All'atto della posa in opera, gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.
È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.
Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

### *20.3. I controlli*

Le Nuove norme tecniche per l'acciaio per cemento armato precompresso prevedono tre forme di controllo obbligatorie:
- controlli in stabilimento;
- controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi;
- accettazione in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione (massimo 120 t).
I controlli eseguiti negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi si riferiscono a forniture (massimo 90 t).
L'accettazione eseguita in cantiere si riferisce a lotti di spedizione (massimo 30 t).
A tale riguardo si definiscono:
- lotti di produzione;
- forniture;
- lotti di spedizione.

I lotti di produzione si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di produzione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.
Le forniture sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).
I lotti di spedizione, infine, sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).
I controlli in cantiere possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da uno stabilimento di prefabbricazione o da un luogo di formazione dei cavi nel quale sono stati effettuati i controlli di cui al punto precedente.
In quest'ultimo caso, la fornitura del materiale deve essere accompagnata da idonea documentazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra con l'indicazione del cantiere di destinazione.
Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni.

### *20.4. Le prescrizioni comuni. Le modalità di prelievo*

I saggi sugli acciai da cemento armato precompresso destinati ai controlli:
- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o del rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove e in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

### *20.5. I controlli nei centri di trasformazione*

I controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del direttore tecnico dello stabilimento. I controlli devono essere eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.
Effettuato un prelievo di tre saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, e appartenenti a una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio ufficiale, i corrispondenti valori minimi di $f_{pt}$, $f_{py}$, $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$.
I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore. Nel caso in cui anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche, come di seguito indicato.
Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno dieci saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a dieci, da alcuni rotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio.
Ogni saggio deve recare contrassegni atti a individuare il lotto e il rotolo, la bobina o il fascio di provenienza.
Effettuato il prelievo supplementare, si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio ufficiale, i corrispondenti valori medi $g_{mn}$ e le deviazioni standard $s_n$ di $f_{pt}$, $f_{py}$, $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$.
I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se:
- per le tensioni di rottura $f_{pt}$:

$$g_{mn} \geq 1{,}03\, f_{ptk}$$
$$s_n \leq 0{,}05\, f_{ptk}$$

- per le grandezze $f_{pt}$, $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$:

$$g_{mn} \geq 1{,}04\, (f_{pyk},\, f_{p(1)k},\, f_{p(0,1)k})$$
$$s_n \leq 0{,}07\, (f_{pyk},\, f_{p(1)k},\, f_{p(0,1)k})$$

- i valori del modulo di elasticità longitudinale $E_p$ sono conformi al valore garantito dal produttore, con una tolleranza del ±5%.

Se tali disuguaglianze non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni riguardanti le proprietà e le tolleranze, si ripeteranno le prove su altri dieci saggi, previo avviso al produttore.
L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.
In tal caso, il direttore tecnico del centro di trasformazione deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo sia al servizio tecnico centrale.
Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore tecnico del centro di trasformazione che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.
Per le caratteristiche dei certificati emessi dal laboratori, è fatta eccezione per il marchio di qualificazione, normalmente non presente sugli acciai da cemento armato precompresso, per il quale si potrà fare riferimento ad eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati del richiedente.
Il direttore tecnico del centro di trasformazione deve curare la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.
Tutte le forniture provenienti da un centro di trasformazione devono essere accompagnate dalla documentazione prevista.

*20.6. I controlli di accettazione in cantiere e gli obblighi del direttore dei lavori*

I controlli in cantiere, demandati al direttore dei lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al precedente paragrafo, con l'avvertenza che il prelievo preliminare dei tre saggi deve essere effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura di cavi preformati provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso di tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche, che il suddetto centro di trasformazione è tenuto a trasmettergli, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli previsti. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori. Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente paragrafo.

## Art. 21. **Acciaio per strutture metalliche**

*21.1. Generalità*

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte, si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie **UNI EN 10025** (per i laminati), **UNI EN 10210** (per i tubi senza saldatura) e **UNI EN 10219-1** (per i tubi saldati), recanti la marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+ e per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla GUUE. Al termine del periodo di coesistenza, il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, prevista dalla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione (CPD), recepita in Italia dal D.P.R. n. 246/1993, così come modificato dal D.P.R. n. 499/1997.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità e in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento $f_{yk}$ e di rottura $f_{tk}$ - da utilizzare nei calcoli - si assumono i valori nominali $f_y = R_{eH}$ e $f_t = R_m$, riportati nelle relative norme di prodotto.

Per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, può configurarsi il caso di prodotti per i quali non sia applicabile la marcatura CE e non sia disponibile una norma armonizzata, ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, e per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Norme tecniche per le costruzioni. È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la marcatura CE. Si applicano anche le procedure di controllo per gli acciai da carpenteria.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova, devono rispondere alle prescrizioni delle norme **UNI EN ISO 377**, **UNI 552**, **UNI EN 10002-l** e **UNI EN 10045-1**.

Gli spessori nominali dei laminati, per gli acciai di cui alle norme europee **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, sono riportati nelle tabelle 18.1 e 18.2.

**Tabella 18.1. Laminati a caldo con profili a sezione aperta**

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $t \leq 40$ mm | | 40 mm < $t \leq 80$ mm | |
| | $f_{yk}$ (N/mm$^2$) | $f_{tk}$ (N/mm$^2$) | $f_{yk}$ (N/mm$^2$) | $f_{tk}$ (N/mm$^2$) |
| **UNI EN 10025-2** | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 510 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 420 | 550 |
| **UNI EN 10025-3** | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| S 275 N/NL | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 N/NL | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 N/NL | 420 | 520 | 390 | 520 |
| S 460 N/NL | 460 | 540 | 430 | 540 |
| **UNI EN 10025-4** | | | | |
| S 275 M/ML | 275 | 370 | 255 | 360 |
| S 355 M/ML | 355 | 470 | 335 | 450 |
| S 420 M/ML | 420 | 520 | 390 | 500 |
| S 460 M/ML | 460 | 540 | 430 | 530 |
| **UNI EN 10025-5** | | | | |
| S 235 W | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 355 W | 355 | 510 | 335 | 490 |

**Tabella 18.2. Laminati a caldo con profili a sezione cava**

| **Norme e qualità degli acciai** | **Spessore nominale dell'elemento** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ***t* ≤ 40 mm** | | **40 mm < *t* ≤ 80 mm** | |
| | $f_{yk}$ **(N/mm²)** | $f_{tk}$ **(N/mm²)** | $f_{yk}$ **(N/mm²)** | $f_{tk}$ **(N/mm²)** |
| **UNI EN 10210-1** | | | | |
| S 235 H | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 275 H | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 H | 355 | 510 | 335 | 490 |
| S 275 NH/NLH | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 NH/NLH | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 NH/NLH | 420 | 540 | 390 | 520 |
| S 460 NH/NLH | 460 | 560 | 430 | 550 |
| **UNI EN 10219-1** | | | | |
| S 235 H | 235 | 360 | - | - |
| S 275 H | 275 | 430 | - | - |
| S 355 H | 355 | 510 | - | - |
| S 275 NH/NLH | 275 | 370 | - | - |
| S 355 NH/NLH | 355 | 470 | - | - |
| S 275 MH/MLH | 275 | 360 | - | - |
| S 355 MH/MLH | 355 | 470 | - | - |
| S 420 MH/MLH | 420 | 500 | - | - |
| S460 MH/MLH | 460 | 530 | - | - |

### *21.2. L'acciaio per getti*

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare acciai conformi alla norma **UNI EN 10293**.
Quando tali acciai debbano essere saldati, valgono le stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza similare.

### *21.3. L'acciaio per strutture saldate*

#### *21.3.1. La composizione chimica degli acciai*

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni generali, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili previste dalle Nuove norme tecniche.

### *21.3.2. Il processo di saldatura. La qualificazione dei saldatori*

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma **UNI EN ISO 4063**. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN 287-1** da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma **UNI EN 287-1**, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma **UNI EN 1418**. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 15614-1**.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura a innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori a innesco sulla punta), si applica la norma **UNI EN ISO 14555**. Valgono, perciò, i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 dell'appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un ente terzo. In assenza di prescrizioni in proposito, l'ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno, inoltre, essere rispettate le norme **UNI EN 1011** (parti 1 e 2) per gli acciai ferritici, e **UNI EN 1011** (parte 3) per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma **UNI EN ISO 9692-1**.

Oltre alle prescrizioni applicabili per i centri di trasformazione, il costruttore deve corrispondere a particolari requisiti.

In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma **UNI EN ISO 3834** (parti 2 e 4). Il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. Tali requisiti sono riassunti nella tabella 18.3.

La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un ente terzo scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

**Tabella 18.3. Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo**

| **Tipo di azione sulle strutture** | **Strutture soggette a fatica in modo non significativo** | | | **Strutture soggette a fatica in modo significativo** |
|---|---|---|---|---|
| **Riferimento** | **A** | **B** | **C** | **D** |
| Materiale base: spessore minimo delle membrature | S235, s ≤ 30 mm S275, s ≤ 30 mm | S355, s ≤ 30 mm S235 S275 | S235 S275 S355 S460, s ≤ 30 mm | S235 S275 S355 S460 Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati[1] |
| Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834 | Elementare EN ISO 3834-4 | Medio EN ISO 3834-3 | Medio UNI EN ISO 3834-3 | Completo EN ISO 3834-2 |
| Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma uni en 719 | Di base | Specifico | Completo | Completo |
| [1] Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo. | | | | |

### *21.4. I bulloni e i chiodi*

### *21.4.1. I bulloni*

I bulloni sono organi di collegamento tra elementi metallici, introdotti in fori opportunamente predisposti, composti dalle seguenti parti:
- gambo, completamente o parzialmente filettato con testa esagonale (vite);
- dado di forma esagonale, avvitato nella parte filettata della vite;
- rondella (o rosetta) del tipo elastico o rigido.

In presenza di vibrazioni dovute a carichi dinamici, per evitare lo svitamento del dado, vengono applicate rondelle elastiche oppure dei controdadi.

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme **UNI EN ISO 4016** e **UNI 5592** - devono appartenere alle sottoindicate classi della norma **UNI EN ISO 898-1**, associate nel modo indicato nelle tabelle 18.4 e 18.5.

**Tabella 18.4. Classi di appartenenza di viti e dadi**

| **Elemento** | **Normali** | | | **Ad alta resistenza** | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vite | 4,6 | 5,6 | 6,8 | 8,8 | 10,9 |
| Dado | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |

Le tensioni di snervamento $f_{yb}$ e di rottura $f_{tb}$ delle viti appartenenti alle classi indicate nella tabella 18.4 sono riportate nella tabella 18.5.

**Tabella 18.5. Tensioni di snervamento $f_{yb}$ e di rottura $f_{tb}$ delle viti**

| **Classe** | **4,6** | **5,6** | **6,8** | **8,8** | **10,9** |
|---|---|---|---|---|---|
| $f_{yb}$ (N/mm$^2$) | 240 | 300 | 480 | 649 | 900 |
| $f_{tb}$ (N/mm$^2$) | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

### *21.4.2. I bulloni per giunzioni ad attrito*

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella 18.6 (viti e dadi) e devono essere associati come indicato nelle tabelle 18.4 e 18.5.

**Tabella 18.6. Bulloni per giunzioni ad attrito**

| **Elemento** | **Materiale** | **Riferimento** |
|---|---|---|
| Viti | 8,8-10,9 secondo UNI EN ISO 898-1 | UNI EN 14399 (parti 3 e 4) |
| Dadi | 8-10 secondo UNI EN 20898-2 | |
| Rosette | Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: temperato e rinvenuto HRC 32÷40 | UNI EN 14399 (parti 5 e 6) |
| Piastrine | Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32÷40 | |

Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armonizzata **UNI EN 14399-1** e recare la relativa marcatura CE, con le specificazioni per i materiali e i prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla GUUE. Al termine del periodo di coesistenza, il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, prevista dalla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione (CPD), recepita in Italia dal D.P.R. n. 246/1993, così come modificato dal D.P.R. n. 499/1997.

### *21.4.3. I chiodi*

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma **UNI 7356**.

Le unioni con i chiodi sono rare perché di difficile esecuzione (foratura del pezzo, montaggio di bulloni provvisori, riscaldamento dei chiodi e successivo alloggiamento e ribaditura), a differenza delle unioni con bulloni più facili e veloci da eseguire. Tuttavia, non è escluso che le chiodature possano essere impiegate in particolari condizioni, come ad esempio negli interventi di restauro di strutture metalliche del passato.

#### *21.4.4. I connettori a piolo*

Nel caso in cui si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi. Esso deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento percentuale a rottura (valutato su base $L_0 = 5,65\sqrt{A_0}$ dove $A_0$ è l'area della sezione trasversale del saggio) $\geq 12$;
- rapporto $f_t / f_y \geq 1,2$.

Quando i connettori vengono uniti alle strutture con procedimenti di saldatura speciali, senza metallo d'apporto, essi devono essere fabbricati con acciai la cui composizione chimica soddisfi le limitazioni seguenti:

- $C \leq 0,18\%$;
- $Mn \leq 0,9\%$;
- $S \leq 0,04\%$;
- $P \leq 0,05\%$.

### *21.5. L'impiego di acciai inossidabili*

Nell'ambito delle indicazioni generali per gli acciai di cui alle norme armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità e in favore della sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento $f_{yk}$ e di rottura $f_{tk}$ - da utilizzare nei calcoli - si assumono i valori nominali $f_y = R_{eH}$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto, ed è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

In particolare, per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione per tutte le tipologie di acciaio e al controllo nei centri di trasformazione nell'ambito degli acciai per carpenteria metallica.

### *21.6. Le specifiche per gli acciai da carpenteria in zona sismica*

L'acciaio costituente le membrature, le saldature e i bulloni deve essere conforme ai requisiti riportati nelle norme sulle costruzioni in acciaio.

Per le zone dissipative si devono applicare le seguenti regole addizionali:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura $f_{tk}$ (nominale) e la tensione di snervamento $f_{yk}$ (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ deve risultare $f_{y,max} \leq 1,2\ f_{yk}$;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8,8 o 10,9.

### *21.7. Procedure di controllo su acciai da carpenteria*

#### *21.7.1. I controlli in stabilimento di produzione*

##### *21.7.1.1. La suddivisione dei prodotti*

Sono prodotti qualificabili sia quelli raggruppabili per colata che quelli per lotti di produzione.

Ai fini delle prove di qualificazione e di controllo, i prodotti nell'ambito di ciascuna gamma merceologica per gli acciai laminati sono raggruppabili per gamme di spessori, così come definito nelle norme europee armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1**.

Agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, J0, J2, K2), sempre che siano garantite per tutti le caratteristiche del grado superiore del raggruppamento.

Un lotto di produzione è costituito da un quantitativo compreso fra 30 e 120 t, o frazione residua, per ogni profilo, qualità e gamma di spessore, senza alcun riferimento alle colate che sono state utilizzate per la loro produzione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione corrisponde all'unità di collaudo come definita dalle norme europee armonizzate **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** in base al numero dei pezzi.

*21.7.1.2. Le prove di qualificazione*

Ai fini della qualificazione, con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata, ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, è fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la marcatura CE, il produttore deve predisporre un'idonea documentazione sulle caratteristiche chimiche, ove pertinenti, e meccaniche, riscontrate per quelle qualità e per quei prodotti che intende qualificare.

La documentazione deve essere riferita a una produzione consecutiva relativa a un periodo di tempo di almeno sei mesi e a un quantitativo di prodotti tale da fornire un quadro statisticamente significativo della produzione stessa e comunque o $\geq$ 2000 t oppure a un numero di colate o di lotti $\geq$ 25.

Tale documentazione di prova deve basarsi sui dati sperimentali rilevati dal produttore, integrati dai risultati delle prove di qualificazione effettuate a cura di un laboratorio ufficiale incaricato dal produttore stesso.

Le prove di qualificazione devono riferirsi a ciascun tipo di prodotto, inteso individuato da gamma merceologica, classe di spessore e qualità di acciaio ed essere relative al rilievo dei valori caratteristici; per ciascun tipo verranno eseguite almeno trenta prove su saggi appositamente prelevati.

La documentazione del complesso delle prove meccaniche deve essere elaborata in forma statistica calcolando, per lo snervamento e la resistenza a rottura, il valore medio, lo scarto quadratico medio e il relativo valore caratteristico delle corrispondenti distribuzioni di frequenza.

*21.7.1.3. Il controllo continuo della qualità della produzione*

Con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, il servizio di controllo interno della qualità dello stabilimento produttore deve predisporre un'accurata procedura atta a mantenere sotto controllo con continuità tutto il ciclo produttivo.

Per ogni colata o per ogni lotto di produzione, contraddistinti dal proprio numero di riferimento, viene prelevato dal prodotto finito un saggio per colata e, comunque, un saggio ogni 80 t oppure un saggio per lotto e, comunque, un saggio ogni 40 t o frazione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione è definito dalle relative norme UNI di prodotto, in base al numero dei pezzi.

Dai saggi di cui sopra, verranno ricavati i provini per la determinazione delle caratteristiche chimiche e meccaniche previste dalle norme europee armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1**, rilevando il quantitativo in tonnellate di prodotto finito cui la prova si riferisce.

Per quanto concerne $f_y$ e $f_t$, i dati singoli raccolti, suddivisi per qualità e prodotti (secondo le gamme dimensionali), vengono riportati su idonei diagrammi per consentire di valutare statisticamente nel tempo i risultati della produzione rispetto alle prescrizioni delle presenti Norme tecniche.

I restanti dati relativi alle caratteristiche chimiche, di resilienza e di allungamento vengono raccolti in tabelle e conservati, dopo averne verificato la rispondenza alle norme **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** per quanto concerne le caratteristiche chimiche e, per quanto concerne resilienza e allungamento, alle prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie **UNI EN 10025**, ovvero alle tabelle di cui alle norme europee **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219** per i profilati cavi.

È cura e responsabilità del produttore individuare, a livello di colata o di lotto di produzione, gli eventuali risultati anomali che portano fuori limite la produzione e di provvedere a ovviarne le cause. I diagrammi sopraindicati devono riportare gli eventuali dati anomali.

I prodotti non conformi devono essere deviati ad altri impieghi, previa punzonatura di annullamento, e tenendone esplicita nota nei registri.

La documentazione raccolta presso il controllo interno di qualità dello stabilimento produttore deve essere conservata a cura del produttore.

*21.7.1.4. La verifica periodica della qualità*

Con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza e per i quali sia invece prevista la qualificazione

con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, il laboratorio incaricato deve effettuare periodicamente a sua discrezione e senza preavviso, almeno ogni sei mesi, una visita presso lo stabilimento produttore, nel corso della quale su tre tipi di prodotto, scelti di volta in volta tra qualità di acciaio, gamma merceologica e classe di spessore, effettuerà per ciascun tipo non meno di trenta prove a trazione su provette ricavate sia da saggi prelevati direttamente dai prodotti sia da saggi appositamente accantonati dal produttore in numero di almeno due per colata o lotto di produzione, relativa alla produzione intercorsa dalla visita precedente. Inoltre, il laboratorio incaricato deve effettuare le altre prove previste (resilienza e analisi chimiche) sperimentando su provini ricavati da tre campioni per ciascun tipo sopraddetto.
Infine, si controlla che siano rispettati i valori minimi prescritti per la resilienza e quelli massimi per le analisi chimiche.
Nel caso in cui i risultati delle prove siano tali per cui viene accertato che i limiti prescritti non sono rispettati, vengono prelevati altri saggi (nello stesso numero) e ripetute le prove.
Ove i risultati delle prove, dopo ripetizione, fossero ancora insoddisfacenti, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al servizio tecnico centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.
Per quanto concerne le prove di verifica periodica della qualità per gli acciai, con caratteristiche comprese tra i tipi S235 e S355, si utilizza un coefficiente di variazione pari all'8%.
Per gli acciai con snervamento o rottura superiore al tipo S355 si utilizza un coefficiente di variazione pari al 6%.
Per tali acciai la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua nell'ultimo semestre e anche nei casi in cui i quantitativi minimi previsti non siano rispettati, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

##### *21.7.1.5. I controlli su singole colate*

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici, i produttori possono richiedere di loro iniziativa di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un laboratorio ufficiale, su singole colate di quei prodotti che, per ragioni produttive, non possono ancora rispettare le condizioni quantitative minime per qualificarsi.
Le prove da effettuare sono quelle relative alle norme europee armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** e i valori da rispettare sono quelli di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie **UNI EN 10025**, ovvero delle tabelle di cui alle norme europee **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219** per i profilati cavi.

### *21.7.2. I controlli nei centri di trasformazione*

#### *21.7.2.1. I centri di produzione di lamiere grecate e profilati formati a freddo. Le verifiche del direttore dei lavori*

Si definiscono *centri di produzione di prodotti formati a freddo e lamiere grecate* tutti quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio nastri o lamiere in acciaio e realizzano profilati formati a freddo, lamiere grecate e pannelli composti profilati, ivi compresi quelli saldati, che però non siano sottoposti a successive modifiche o trattamenti termici. Per quanto riguarda i materiali soggetti a lavorazione, può farsi utile riferimento, oltre alle norme delle tabelle 18.1 e 18.2, anche alle norme **UNI EN 10326** e **UNI EN 10149** (parti 1, 2 e 3).
Oltre alle prescrizioni applicabili per tutti gli acciai, i centri di produzione di prodotti formati a freddo e lamiere grecate devono rispettare le seguenti prescrizioni. Per le lamiere grecate da impiegare in solette composte, il produttore deve effettuare una specifica sperimentazione al fine di determinare la resistenza a taglio longitudinale di progetto $\tau_{u.Rd}$ della lamiera grecata. La sperimentazione e l'elaborazione dei risultati sperimentali devono essere conformi alle prescrizioni dell'appendice B3 alla norma **UNI EN 1994-1**. Questa sperimentazione e l'elaborazione dei risultati sperimentali devono essere eseguite da laboratorio indipendente di riconosciuta competenza. Il rapporto di prova deve essere trasmesso in copia al servizio tecnico centrale e deve essere riprodotto integralmente nel catalogo dei prodotti.
Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, il centro di produzione deve dichiarare, nelle forme e con le limitazioni previste, le caratteristiche tecniche previste dalle norme armonizzate applicabili.
I centri di produzione possono, in questo caso, derogare agli adempimenti previsti per tutti i tipi d'acciaio, relativamente ai controlli sui loro prodotti (sia quelli interni sia quelli da parte del laboratorio incaricato), ma

devono fare riferimento alla documentazione di accompagnamento dei materiali di base, soggetti a marcatura CE o qualificati come previsto nelle presenti norme. Tale documentazione sarà trasmessa insieme con la specifica fornitura e farà parte della documentazione finale relativa alle trasformazioni successive.
I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di trasformazione e, inoltre, ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata.
Gli utilizzatori dei prodotti e/o il direttore dei lavori sono tenuti a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### *21.7.2.2. I centri di prelavorazione di componenti strutturali*

Le Nuove norme tecniche definiscono *centri di prelavorazione* o *di servizio* quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio elementi base (prodotti lunghi e/o piani) e realizzano elementi singoli prelavorati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di produzione che realizzano strutture complesse nell'ambito delle costruzioni.
I centri di prelavorazione devono rispettare le prescrizioni applicabili, di cui ai centri di trasformazione valevoli per tutti i tipi d'acciaio.

#### *21.7.2.3. Le officine per la produzione di carpenterie metalliche. Le verifiche del direttore dei lavori*

I controlli nelle officine per la produzione di carpenterie metalliche sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del direttore tecnico dell'officina.
Con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale e per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, i controlli devono essere eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.
Devono essere effettuate per ogni fornitura minimo tre prove, di cui almeno una sullo spessore massimo e una sullo spessore minimo.
I dati sperimentali ottenuti devono soddisfare le prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee armonizzate della serie **UNI EN 10025**, ovvero le prescrizioni delle tabelle 18.1 e 18.2 per i profilati cavi per quanto concerne l'allungamento e la resilienza, nonché delle norme europee armonizzate della serie **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** per le caratteristiche chimiche.
Ogni singolo valore della tensione di snervamento e di rottura non deve risultare inferiore ai limiti tabellari.
Deve inoltre controllarsi che le tolleranze di fabbricazione rispettino i limiti indicati nelle norme europee applicabili sopra richiamate e che quelle di montaggio siano entro i limiti indicati dal progettista. In mancanza, deve essere verificata la sicurezza con riferimento alla nuova geometria.
Il prelievo dei campioni deve essere effettuato a cura del direttore tecnico dell'officina, che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.
Per le caratteristiche dei certificati emessi dal laboratorio è fatta eccezione per il marchio di qualificazione, non sempre presente sugli acciai da carpenteria, per il quale si potrà fare riferimento a eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati dal produttore.
Il direttore tecnico dell'officina deve curare la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.
Tutte le forniture provenienti da un'officina devono essere accompagnate dalla seguente documentazione:
- dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal servizio tecnico centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il direttore dei lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere

atto il collaudatore statico, che riporterà, nel certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.
Per quanto riguarda le specifiche dei controlli, le procedure di qualificazione e i documenti di accompagnamento dei manufatti in acciaio prefabbricati in serie, si rimanda agli equivalenti paragrafi del § 11.8. delle Nuove norme tecniche, ove applicabili.

#### *21.7.2.4. Le officine per la produzione di bulloni e di chiodi. Le verifiche del direttore dei lavori*

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.
Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma **UNI EN ISO 9001** e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme **UNI CEI EN ISO/IEC 17021**.
I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità.
I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica sono tenuti a dichiarare al servizio tecnico centrale la loro attività, con specifico riferimento al processo produttivo e al controllo di produzione in fabbrica, fornendo copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.
La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al servizio tecnico centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto alla precedente dichiarazione, ovvero nella quale siano descritte le avvenute variazioni.
Il servizio tecnico centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.
Ogni fornitura di bulloni o chiodi in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del servizio tecnico centrale.
Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

### *21.7.3. I controlli di accettazione in cantiere da parte del direttore dei lavori*

I controlli in cantiere, demandati al direttore dei lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni valevoli per i centri di trasformazione, effettuando un prelievo di almeno tre saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.
Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori. Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.
Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni per i centri di trasformazione.

## *21.8. Norme di riferimento*

### *21.8.1. Esecuzione*

**UNI 552** - *Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni*;
**UNI 3158** - *Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale. Qualità, prescrizioni e prove*;
**UNI ENV 1090-1** - *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici*;
**UNI ENV 1090-2** - *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per componenti e lamiere di spessore sottile formati a freddo*;

**UNI ENV 1090-3** - *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per gli acciai ad alta resistenza allo snervamento*;
**UNI ENV 1090-4** - *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per strutture reticolari realizzate con profilati cavi*;
**UNI ENV 1090-6** - *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per l'acciaio inossidabile*;
**UNI EN ISO 377** - *Acciaio e prodotti di acciaio. Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche*;
**UNI EN 10002-1** - *Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente)*;
**UNI EN 10045-1** - *Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova.*

*21.8.2. Elementi di collegamento*

**UNI EN ISO 898-1** - *Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Viti e viti prigioniere*;
**UNI EN 20898-2** - *Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso*;
**UNI EN 20898-7** - *Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm*;
**UNI EN 5592** - *Dadi esagonali normali. Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine. Categoria C*;
**UNI EN ISO 4016** - *Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Categoria C.*

*21.8.3. Profilati cavi*

**UNI EN 10210-1** - *Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura*;
**UNI EN 10210-2** - *Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo*;
**UNI EN 10219-1** - *Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Condizioni tecniche di fornitura*;
**UNI EN 10219-2** - *Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate - Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo.*

*21.8.4. Prodotti laminati a caldo*

**UNI EN 10025-1** - *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura*;
**UNI EN 10025-2** - *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali*;
**UNI EN 10025-3** - *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato*;
**UNI EN 10025-4** - *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica*;
**UNI EN 10025-5** - *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica*;
**UNI EN 10025-6** - *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati.*

## Art. 22. **Elementi costruttivi prefabbricati**

*22.1. Generalità*

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.
In particolare, deve essere presente e operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Gli elementi costruttivi di produzione occasionale devono essere comunque realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato nel presente articolo.

### *22.2. Requisiti minimi degli stabilimenti e degli impianti di produzione*

Il processo di produzione degli elementi costruttivi prefabbricati, oggetto delle Norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 14 gennaio 2008, deve essere caratterizzato almeno da:
- impianti in cui le materie costituenti siano conservate in sili, tramogge e contenitori che ne evitino ogni possibilità di confusione, dispersione o travaso;
- dosaggio a peso dei componenti solidi e dosaggio a volume o a peso dei soli componenti liquidi, mediante utilizzo di strumenti rispondenti alla normativa vigente;
- organizzazione mediante una sequenza completa di operazioni essenziali in termini di produzione e controllo;
- organizzazione di un sistema permanente di controllo documentato della produzione;
- rispetto delle norme di protezione dei lavoratori e dell'ambiente.

### *22.3. Controllo di produzione*

Gli impianti per la produzione del calcestruzzo destinato alla realizzazione di elementi costruttivi prefabbricati, disciplinati dalle Norme tecniche per le costruzioni, devono essere idonei a una produzione continua, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.
Il produttore di elementi prefabbricati deve dotarsi di un sistema di controllo della produzione, allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.
Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme **UNI EN ISO 9001** e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la norma **UNI CEI EN ISO/TEC 17021**.
Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità, il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee o internazionali applicabili.

#### *22.3.1. Controllo sui materiali per elementi di serie*

I controlli sui materiali dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni di legge vigenti.
Per il calcestruzzo impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il direttore tecnico di stabilimento dovrà effettuare il controllo continuo del conglomerato secondo le prescrizioni contenute nelle Norme tecniche per le costruzioni, operando con attrezzature tarate annualmente da uno dei laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.
Il tecnico suddetto provvederà alla trascrizione giornaliera dei risultati su appositi registri di produzione con data certa, da conservare per dieci anni da parte del produttore.
Detti registri devono essere disponibili per i competenti organi del Consiglio superiore dei lavori pubblici (servizio tecnico centrale), per i direttori dei lavori e per tutti gli aventi causa nella costruzione.
Le prove di stabilimento dovranno essere eseguite a 28 giorni di stagionatura e ai tempi significativi nelle varie fasi del ciclo tecnologico, secondo le modalità delle norme vigenti e su provini maturati in condizioni termoigrometriche di stagionatura conformi a quelle dei manufatti prefabbricati prodotti.
La resistenza caratteristica dovrà essere determinata secondo il metodo di controllo di tipo B e immediatamente registrata.
Inoltre, dovranno eseguirsi controlli del calcestruzzo a 28 giorni di stagionatura, presso un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, per non meno di un prelievo ogni cinque giorni di produzione effettiva per ogni tipo di calcestruzzo omogeneo. Tali risultati dovranno soddisfare il controllo di tipo A, operando su tre prelievi consecutivi, indipendentemente dal quantitativo di calcestruzzo prodotto.
Sarà cura del direttore tecnico dello stabilimento annotare sullo stesso registro i risultati delle prove di stabilimento e quelli del laboratorio esterno.
Infine, il tecnico abilitato dovrà predisporre periodicamente, almeno su base annua, una verifica della conformità

statistica dei risultati dei controlli interni e di quelli effettuati da laboratorio esterno, tra loro e con le prescrizioni contenute nelle vigenti norme tecniche per le costruzioni.

#### *22.3.2. Controllo di produzione di serie controllata*

Per le produzioni per le quali è prevista la serie controllata, è richiesto il rilascio preventivo dell'autorizzazione alla produzione da parte del servizio tecnico centrale, secondo le procedure della qualificazione della produzione controllata.

#### *22.3.3. Prove di tipo iniziali per elementi di serie controllata*

La produzione in serie controllata di componenti strutturali deve essere preceduta da verifiche sperimentali su prototipi eseguite da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, appositamente incaricato dal produttore.

#### *22.3.4. Marcatura*

Ogni elemento prefabbricato prodotto in serie deve essere appositamente contrassegnato da marcatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità del produttore e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento.
Inoltre, per manufatti di peso superiore a 8 kN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento, anche il peso dell'elemento.

### *22.4. Procedure di qualificazione*

La valutazione dell'idoneità del processo produttivo e del controllo di produzione in stabilimento, nonché della conformità del prodotto finito, è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.
I produttori di elementi prefabbricati di serie devono procedere alla qualificazione dello stabilimento e degli elementi costruttivi prodotti trasmettendo, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. n. 380/2001, idonea documentazione al servizio tecnico centrale della presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici.
Il servizio tecnico centrale ha facoltà, anche attraverso sopralluoghi, di accertare la validità e la rispondenza della documentazione, come pure il rispetto delle prescrizioni contenute nelle Norme tecniche per le costruzioni.

#### *22.4.1. Qualificazione dello stabilimento*

Il riconoscimento dello stabilimento è il presupposto per ogni successivo riconoscimento di tipologie produttive.
La qualificazione del sistema organizzativo dello stabilimento e del processo produttivo deve essere dimostrata attraverso la presentazione di idonea documentazione, relativa alla struttura organizzativa della produzione e al sistema di controllo in stabilimento.
Nel caso in cui gli elementi costruttivi siano prodotti in più stabilimenti, la qualificazione deve essere riferita a ciascun centro di produzione.

#### *22.4.2. Qualificazione della produzione in serie dichiarata*

Tutte le ditte che procedono in stabilimento alla costruzione di manufatti prefabbricati in serie dichiarata, prima dell'inizio di una nuova produzione devono presentare apposita domanda al servizio tecnico centrale della presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici.
Tale domanda deve essere corredata da idonea documentazione, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. n. 380/2001 e di quanto indicato per la qualificazione dello stabilimento.
Sulla base della documentazione tecnica presentata, il servizio tecnico centrale rilascerà apposito attestato di qualificazione, avente validità triennale.
Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.
L'attestato è rinnovabile su richiesta, previa presentazione di idonei elaborati relativi all'attività svolta e ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### *22.4.3. Qualificazione della produzione in serie controllata*

Oltre a quanto specificato per la produzione in serie dichiarata, la documentazione necessaria per la

qualificazione della produzione in serie controllata dovrà comprendere la documentazione relativa alle prove a rottura su prototipo e una relazione interpretativa dei risultati delle prove stesse.
Sulla base della documentazione tecnica presentata, il servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, rilascerà apposita autorizzazione alla produzione, avente validità triennale.
Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.
L'autorizzazione è rinnovabile su richiesta, previa presentazione di idonei elaborati, relativi all'attività svolta e ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### *22.4.4. Sospensioni e revoche*

È prevista la sospensione o, nei casi più gravi o di recidiva, la revoca degli attestati di qualificazione in serie dichiarata o controllata, ove il servizio tecnico centrale accerti, in qualsiasi momento, difformità tra i documenti depositati e la produzione effettiva, ovvero la mancata ottemperanza alle prescrizioni contenute nella vigente normativa tecnica.
I provvedimenti di sospensione e di revoca vengono adottati dal servizio tecnico centrale, sentito il parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, sono atti definitivi.

### *22.5. Documenti di accompagnamento della fornitura. Verifiche del direttore dei lavori*

Ogni fornitura in cantiere di manufatti prefabbricati prodotti in serie dovrà essere accompagnata da una specifica documentazione, la cui conservazione è a cura del direttore dei lavori dell'opera in cui detti manufatti vengono inseriti. Tale documentazione comprende:
- apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. n. 380/2001. Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:
- i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera;
- apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti.
- elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego dei manufatti, che dovranno essere consegnati dal direttore dei lavori al committente, a conclusione dell'opera;
- certificato di origine firmato dal direttore tecnico responsabile della produzione e dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il servizio tecnico centrale, deve riportare l'indicazione degli estremi dell'attestato di qualificazione, nonché il nominativo del progettista;
- attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale e copia della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo di produzione in fabbrica;
- documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio ufficiale incaricato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. Tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.
Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del direttore dei lavori di cui all'art. 65 del D.P.R. n. 380/2001.
Il direttore dei lavori non può accettare in cantiere elementi prefabbricati in serie che non siano accompagnati da tutti i documenti predetti.
Inoltre, prima di procedere all'accettazione dei manufatti stessi, il direttore dei lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati con la marcatura prevista.
Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al direttore dei lavori gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal progettista e dal direttore tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:
- destinazione del prodotto;
- requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;

- prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

### *22.6. Norme complementari relative alle strutture prefabbricate*

Per *manufatti* o *elementi prefabbricati di serie* devono intendersi unicamente quelli prodotti in stabilimenti permanenti, con tecnologia ripetitiva e processi industrializzati, in tipologie predefinite per campi dimensionali e tipi di armature.
Per *manufatti di produzione occasionale* si intendono i componenti prodotti senza il presupposto della ripetitività tipologica.
Il componente deve garantire i livelli di sicurezza e di prestazione sia come componente singolo, nelle fasi transitorie di sformatura, movimentazione, stoccaggio, trasporto e montaggio, sia come elemento di un più complesso organismo strutturale una volta installato in opera.

#### *22.6.1. Prodotti prefabbricati non soggetti a marcatura CE*

Per gli elementi strutturali prefabbricati, quando non soggetti ad attestato di conformità secondo una specifica tecnica elaborata ai sensi della direttiva 89/106/CEE (marcatura CE) e i cui riferimenti sono pubblicati sulla GUUE, sono previste due categorie di produzione:
- serie dichiarata;
- serie controllata.

I componenti per i quali non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 di recepimento della direttiva 89/106/CEE, devono essere realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, e i produttori di componenti occasionali - in serie dichiarata e in serie controllata - devono, altresì, provvedere alla preventiva qualificazione del sistema di produzione, con le modalità indicate nelle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

#### *22.6.2. Prodotti prefabbricati in serie*

Rientrano tra i prodotti prefabbricati in serie:
- i componenti di serie per i quali è stato effettuato il deposito ai sensi dell'art. 9 della legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- i componenti per i quali è stata rilasciata la certificazione di idoneità ai sensi degli artt. 1 e 7 della legge 2 febbraio 74, n. 64;
- ogni altro componente prodotto in stabilimenti permanenti, con tecnologia ripetitiva e processi industrializzati, in tipologie predefinite per campi dimensionali e tipi di armature.

##### *22.6.2.1. Prodotti prefabbricati in serie dichiarata*

Rientrano in serie dichiarata i componenti di serie che, pur appartenendo a una tipologia predefinita, vengono progettati di volta in volta su commessa per dimensioni e armature (serie tipologica).
Per le tipologie predefinite il produttore dovrà provvedere, nell'ambito delle modalità di qualificazione della produzione di cui al paragrafo 11.8 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, al deposito della documentazione tecnica relativa al processo produttivo e al progetto tipo presso il servizio tecnico centrale del Ministero delle infrastrutture.
Per ogni singolo impiego delle serie tipologiche, la specifica documentazione tecnica dei componenti prodotti in serie dovrà essere allegata alla documentazione progettuale depositata presso l'ufficio regionale competente, ai sensi della vigente legislazione in materia.
Rientrano altresì in serie dichiarata i componenti di serie costituiti da un tipo compiutamente determinato, predefinito in dimensioni e armature sulla base di un progetto depositato (serie ripetitiva).
Per ogni tipo di componente o per ogni famiglia omogenea di tipi, il produttore dovrà provvedere, nell'ambito delle modalità di qualificazione della produzione secondo le Nuove norme tecniche per le costruzioni, al deposito della documentazione tecnica relativa al processo produttivo e al progetto specifico presso il servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

Per ogni singolo impiego delle serie ripetitive, sarà sufficiente allegare alla documentazione progettuale depositata presso l'ufficio regionale competente, ai sensi della vigente legislazione in materia, gli estremi del deposito presso il servizio tecnico centrale.

*22.6.2.2. Prodotti prefabbricati in serie controllata*

Per *serie controllata* si intende la produzione di serie che, oltre ad avere i requisiti specificati per la serie dichiarata, sia eseguita con procedure che prevedono verifiche sperimentali su prototipo e controllo permanente della produzione.
Devono essere prodotti in serie controllata:
- i componenti costituiti da assetti strutturali non consueti;
- i componenti realizzati con l'impiego di calcestruzzi speciali o di classe > C 45/55;
- i componenti armati o precompressi con spessori, anche locali, inferiori a 40 mm;
- i componenti il cui progetto sia redatto su modelli di calcolo non previsti dalle norme tecniche per le costruzioni.

Per i componenti ricadenti in uno dei casi sopra elencati, è obbligatorio il rilascio preventivo dell'autorizzazione alla produzione, secondo le procedure delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

*22.6.2.3. Responsabilità e competenze*

Il progettista e il direttore tecnico dello stabilimento di prefabbricazione, ciascuno per le proprie competenze, sono responsabili della capacità portante e della sicurezza del componente, sia incorporato nell'opera, sia durante le fasi di trasporto fino a piè d'opera.
È responsabilità del progettista e del direttore dei lavori del complesso strutturale di cui l'elemento fa parte, ciascuno per le proprie competenze, la verifica del componente durante il montaggio, la messa in opera e l'uso dell'insieme strutturale realizzato.
I componenti prodotti negli stabilimenti permanenti devono essere realizzati sotto la responsabilità di un direttore tecnico dello stabilimento, dotato di adeguata abilitazione professionale, che assume le responsabilità proprie del direttore dei lavori.
I componenti di produzione occasionale devono, inoltre, essere realizzati sotto la vigilanza del direttore dei lavori dell'opera di destinazione.
I funzionari del servizio tecnico centrale potranno accedere anche senza preavviso agli stabilimenti di produzione dei componenti prefabbricati per l'accertamento del rispetto delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

*22.6.2.4. Prove su componenti*

Per verificare le prestazioni di un nuovo prodotto o di una nuova tecnologia produttiva e accertare l'affidabilità dei modelli di calcolo impiegati nelle verifiche di resistenza, prima di dare inizio alla produzione corrente è necessario eseguire delle prove di carico su un adeguato numero di prototipi al vero, portati fino a rottura.
Tali prove sono obbligatorie, in aggiunta alle prove correnti sui materiali di cui al capitolo 11 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, per le produzioni in serie controllata.

*22.6.2.5. Norme complementari*

Le verifiche del componente devono essere fatte con riferimento al livello di maturazione e di resistenza raggiunto, controllato mediante prove sui materiali di cui al capitolo 11 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni ed eventuali prove su prototipo prima della movimentazione del componente e del cimento statico dello stesso.
I dispositivi di sollevamento e movimentazione devono essere esplicitamente previsti nel progetto del componente strutturale e realizzati con materiali appropriati e dimensionati per le sollecitazioni previste.
Il copriferro degli elementi prefabbricati deve rispettare le regole generali dell'art. 60 del presente capitolato speciale.

*Appoggi*

Per i componenti appoggiati in via definitiva, particolare attenzione va posta alla posizione e dimensione

dell'apparecchio d'appoggio, sia rispetto alla geometria dell'elemento di sostegno sia rispetto alla sezione terminale dell'elemento portato, tenendo nel dovuto conto le tolleranze dimensionali e di montaggio e le deformazioni per fenomeni reologici e/o termici.
I vincoli provvisori o definitivi devono essere, se necessario, validati attraverso prove sperimentali.
Gli appoggi scorrevoli devono consentire gli spostamenti relativi previsti senza perdita della capacità portante.

*Realizzazione delle unioni*
Le unioni devono avere resistenza e deformabilità coerenti con le ipotesi progettuali.

*Tolleranze*
Le tolleranze minime di produzione che dovrà rispettare il componente sono quelle indicate dal produttore. Il componente che non rispetta tali tolleranze deve essere giudicato non conforme e quindi potrà essere consegnato in cantiere per l'utilizzo nella costruzione solo dopo preventiva accettazione da parte del direttore dei lavori.
Il montaggio dei componenti e il completamento dell'opera devono essere conformi alle previsioni di progetto esecutivo. Nel caso si verificassero delle non conformità, queste devono essere analizzate dal direttore dei lavori nei riguardi delle eventuali necessarie misure correttive.

## Art. 23. **Elementi per solai misti in cemento armato**

### *23.1. Generalità*
Si definiscono *solai* le strutture bidimensionali piane caricate ortogonalmente al proprio piano, con prevalente comportamento monodirezionale.

### *23.2. Solai misti di calcestruzzo armato, calcestruzzo armato precompresso e blocchi diversi dal laterizio*
Possono utilizzarsi per realizzare i solai misti di calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso anche blocchi diversi dal laterizio, con sola funzione di alleggerimento.
I blocchi in calcestruzzo leggero di argilla espansa, calcestruzzo normale sagomato, polistirolo, materie plastiche, elementi organici mineralizzati, ecc., devono essere dimensionalmente stabili e non fragili e capaci di seguire le deformazioni del solaio.

### *23.3. Solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso*
I componenti dei solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso devono rispettare le norme di cui al paragrafo 4.1 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.
I componenti devono essere provvisti di opportuni dispositivi e magisteri che assicurino la congruenza delle deformazioni tra i componenti stessi accostati, sia per i carichi ripartiti sia per quelli concentrati. In assenza di soletta collaborante armata o in difformità rispetto alle prescrizioni delle specifiche norme tecniche europee, l'efficacia di tali dispositivi deve essere certificata mediante prove sperimentali.
Quando si voglia realizzare una ridistribuzione trasversale dei carichi, è necessario che il solaio così composto abbia dei componenti strutturali ortogonali alla direzione dell'elemento resistente principale.
Qualora il componente venga integrato da un getto di completamento all'estradosso, questo deve avere uno spessore non inferiore a 40 mm ed essere dotato di una armatura di ripartizione a maglia incrociata e bisogna verificare la trasmissione delle azioni di taglio fra elementi prefabbricati e getto di completamento, tenuto conto degli stati di coazione che si creano per le diverse caratteristiche reologiche dei calcestruzzi, del componente e dei getti di completamento.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 13224** - *Prodotti prefabbricati di calcestruzzo. Elementi nervati per solai*;
**UNI EN 13747** - *Prodotti prefabbricati di calcestruzzo. Lastre per solai*;
**UNI EN 15037-1** - *Prodotti prefabbricati di calcestruzzo. Solai a travetti e blocchi. Parte 1: Travetti*.

### *23.4. Lo stoccaggio dei travetti*

Il sollevamento dei travetti deve avvenire con cavi di acciaio o dispositivi a bilancia, provvisti di ganci di sicurezza, in grado di sopportare le sollecitazioni indotte dal peso dei manufatti, nel rispetto del PSC e/o del POS.
Lo stoccaggio dei travetti deve essere eseguito disponendoli in cataste costituite da strati successivi poggianti su listelli di legno collocati sulla stessa verticale e in corrispondenza del vertice delle staffe del traliccio. Il piano di posa delle cataste deve essere ben livellato e compattato.

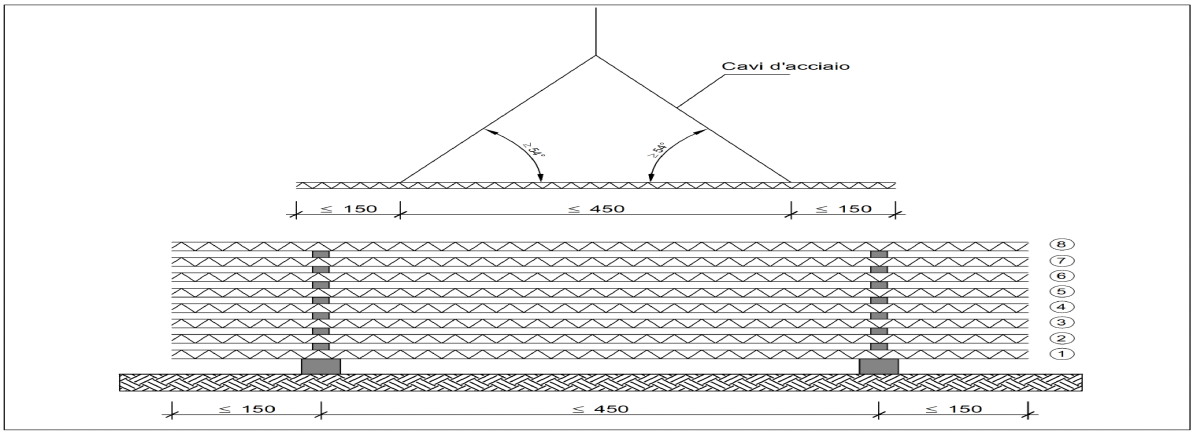


**Figura 22.6**
**Esempio di stoccaggio di travetti tralicciati**

## Art. 24. **Elementi strutturali composti di acciaio e calcestruzzo**

### *24.1. Generalità*

Le strutture composte sono costituite da parti realizzate in acciaio per carpenteria e da parti realizzate in calcestruzzo armato (normale o precompresso) rese collaboranti fra loro con un sistema di connessione appropriatamente dimensionato.

### *24.2. Acciaio*

Per le caratteristiche degli acciai (strutturali, da lamiera grecata e da armatura) utilizzati nelle strutture composte di acciaio e calcestruzzo si deve fare riferimento al paragrafo 11.3 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.
Le prescrizioni generali relative alle saldature, di cui al suddetto paragrafo 11.3 delle Norme tecniche per le costruzioni, si applicano integralmente. Particolari cautele dovranno adottarsi nella messa a punto dei procedimenti di saldatura degli acciai con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica (per i quali può farsi utile riferimento alla norma **UNI EN 10025-5**).
Per le procedure di saldatura dei connettori e il relativo controllo si può fare riferimento a normative consolidate.
Nel caso si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve rispettare le prescrizioni di cui al paragrafo 11.3.4.7 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

### *24.3. Calcestruzzo*

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo devono risultare da prove eseguite in conformità alle indicazioni delle presenti norme sulle strutture di cemento armato ordinario o precompresso.
Nei calcoli statici non può essere considerata né una classe di resistenza del calcestruzzo inferiore a C20/25 né una classe di resistenza superiore a C60/75. Per i calcestruzzi con aggregati leggeri, la cui densità non può essere inferiore a 1800 kg/m$^3$, le classi limite sono LC20/22 e LC55/60.
Per classi di resistenza del calcestruzzo superiori a C45/55 e LC40/44 si richiede che prima dell'inizio dei lavori

venga eseguito uno studio adeguato e che la produzione segua specifiche procedure per il controllo qualità.
Qualora si preveda l'utilizzo di calcestruzzi con aggregati leggeri, bisogna considerare che i valori del modulo di elasticità e dei coefficienti di viscosità, ritiro e dilatazione termica, dipendono dalle proprietà degli aggregati utilizzati. Pertanto, i valori da utilizzare sono scelti in base alle proprietà del materiale specifico.
Nel caso si utilizzino elementi prefabbricati, si rinvia alle indicazioni specifiche delle presenti norme.

## Art. 25. **Appoggi strutturali**

### *25.1. Generalità*

Gli appoggi strutturali sono dispositivi di vincolo utilizzati nelle strutture, nei ponti e negli edifici, allo scopo di trasmettere puntualmente carichi e vincolare determinati gradi di libertà di spostamento.
Gli appoggi strutturali, per i quali si applica quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie **UNI EN 1337** e recare la marcatura CE. Si applica il sistema di attestazione della conformità 1. In aggiunta a quanto previsto al citato punto A del paragrafo 11.1 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, ogni fornitura deve essere accompagnata da un manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 1337-1** - *Appoggi strutturali. Parte 1. Regole generali di progetto*;
**UNI EN 1337-2** - *Appoggi strutturali. Parte 2: Elementi di scorrimento*;
**UNI EN 1337-3** - *Appoggi strutturali. Parte 3: Appoggi elastomerici*;
**UNI EN 1337-4** - *Appoggi strutturali. Parte 4: Appoggi a rullo*;
**UNI EN 1337-5** - *Appoggi strutturali. Parte 5: Appoggi a disco elastomerico*;
**UNI EN 1337-6** - *Appoggi strutturali. Parte 6: Appoggi a contatto lineare*;
**UNI EN 1337-7** - *Appoggi strutturali. Parte 7: Appoggi sferici e cilindrici di PTFE*;
**UNI EN 1337-8** - *Appoggi strutturali. Parte 8: Guide e ritegni*;
**UNI EN 1337-9** - *Appoggi strutturali. Protezione*;
**UNI EN 1337-10** - *Appoggi strutturali. Parte 10: Ispezione e manutenzione*;
**UNI EN 1337-11** - *Appoggi strutturali. Parte 11. Trasporto, immagazzinamento e installazione.*

### *25.2. Documentazione d'accompagnamento e prove d'accettazione*

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare, nell'ambito delle proprie competenze, quanto sopra indicato, e a rifiutare le eventuali forniture prive dell'attestato di conformità. Dovrà, inoltre, effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali, nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti, al fine di verificare la conformità degli appoggi a quanto richiesto per lo specifico progetto.

## Art. 26. **Dispositivi antisismici**

### *26.1. Generalità*

Per *dispositivi antisismici* si intendono gli elementi che contribuiscono a modificare la risposta sismica di una struttura, per esempio incrementando il periodo fondamentale della struttura, modificando la forma dei modi di vibrare fondamentali, incrementando la dissipazione di energia, limitando la forza trasmessa alla struttura e/o introducendo vincoli permanenti o temporanei che migliorano la risposta sismica.

### *26.2. Tipologie*

In generale, le norme tecniche, individuano le seguenti tipologie di dispositivi:
- dispositivi di vincolo temporaneo, utilizzati per obbligare i movimenti in uno o più direzioni secondo modalità differenziate a seconda del tipo e dell'entità dell'azione. Si distinguono in:
- dispositivi di vincolo del tipo cosiddetto *a fusibile*, che impediscono i movimenti relativi fra le parti collegate sino al raggiungimento di una soglia di forza oltre la quale, al superamento della stessa, consentono tutti i

movimenti. Abitualmente sono utilizzati per escludere il sistema di protezione sismica nelle condizioni di servizio, consentendone il libero funzionamento durante il terremoto di progetto, senza modificarne il comportamento;
- dispositivi (dinamici) di vincolo provvisorio, caratterizzati dalla capacità di solidarizzare gli elementi che collegano, in presenza di movimenti relativi rapidi quali quelli sismici, e di lasciarli liberi, o quasi, in presenza di movimenti relativi lenti imposti o dovuti ad effetti termici.
- dispositivi dipendenti dallo spostamento, a loro volta suddivisi in:
- dispositivi a comportamento lineare o *lineari*, caratterizzati da un legame forza-spostamento sostanzialmente lineare, fino a un dato livello di spostamento, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità. Nella fase di scarico non devono mostrare spostamenti residui significativi;
- dispositivi a comportamento non lineare o *non lineari*, caratterizzati da un legame forza-spostamento non lineare, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità.
- dispositivi dipendenti dalla velocità, detti anche *dispositivi a comportamento viscoso* o *viscosi*, caratterizzati dalla dipendenza della forza soltanto dalla velocità o da velocità e spostamento contemporaneamente. Il loro funzionamento è basato sulle forze di reazione causate dal flusso di un fluido viscoso attraverso orifizi o sistemi di valvole;
- dispositivi di isolamento o *isolatori*, che svolgono fondamentalmente la funzione di sostegno dei carichi verticali, con elevata rigidezza in direzione verticale e bassa rigidezza o resistenza in direzione orizzontale, permettendo notevoli spostamenti orizzontali. A tale funzione possono essere o meno associate quelle di dissipazione di energia, di ricentraggio del sistema, di vincolo laterale sotto carichi orizzontali di servizio (non sismici). Essendo fondamentalmente degli apparecchi di appoggio, essi devono rispettare le relative norme per garantire la loro piena funzionalità rispetto alle azioni di servizio.
In generale, sono individuate anche le seguenti tipologie di isolatori:
- isolatori elastomerici, costituiti da strati alternati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) e di acciaio, quest'ultimo con funzione di confinamento dell'elastomero, risultano fortemente deformabili per carichi paralleli alla giacitura degli strati (carichi orizzontali);
- isolatori a scorrimento, costituiti da appoggi a scorrimento caratterizzati da bassi valori delle resistenze per attrito.
Esistono, poi, dispositivi costituti da una combinazione delle precedenti categorie.

### *26.3. Procedure di qualificazione*

I dispositivi antisismici devono essere sottoposti a procedure di qualificazione, con verifica della conformità ai requisiti funzionali dichiarati. Tali procedure hanno lo scopo di dimostrare che il dispositivo è in grado di mantenere la propria funzionalità nelle condizioni d'uso previste durante tutta la vita di progetto e devono comportare almeno le seguenti operazioni:
- dichiarazione della vita di servizio;
- dichiarazione della conservazione delle prestazioni del dispositivo durante la vita di servizio;
- dichiarazione delle caratteristiche meccaniche dei componenti del dispositivo;
- descrizione del comportamento sotto azione sismica;
- determinazione dei legami costitutivi del dispositivo mediante prove sperimentali;
- individuazione del modello costitutivo che descriva il comportamento del dispositivo in differenti condizioni di uso, incluse tutte le combinazioni di azioni previste dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni, che rappresenti correttamente i fenomeni fisici attesi nel funzionamento del dispositivo, in particolare sotto le azioni sismiche;
- prove di qualificazione.
In particolare, le caratteristiche tecniche da misurare e dichiarare sono indicate nel seguito per ciascun dispositivo.
Le caratteristiche dei dispositivi devono essere accertate mediante le prove sui materiali e sui dispositivi eseguite e certificate da laboratori ufficiali prove dotati di adeguata competenza, attrezzatura e organizzazione. Tali laboratori devono essere incaricati dal produttore, previo nulla osta rilasciato dal servizio tecnico centrale del

Consiglio superiore dei lavori pubblici.
Le massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso devono essere contenute entro limiti riferiti a variazioni nell'ambito della fornitura, dell'invecchiamento, della temperatura e della frequenza di prova. In particolare, le differenze nell'ambito della fornitura devono essere riferite ai valori di progetto. Le differenze dovute all'invecchiamento, alla temperatura e alla frequenza di prova, invece, devono essere riferite ai valori nelle normali condizioni di utilizzo che derivano da prove condotte a una temperatura di (23 ± 5) °C.
Il campo di temperatura di riferimento per valutare le variazioni è - 15 °C÷+ 45 °C. Per opere particolari, per le quali le temperature prevedibili non rientrano nel suddetto intervallo, la sperimentazione verrà condotta per campi di temperatura diversi da quelli di riferimento. Per dispositivi operanti in luoghi protetti, si può assumere un campo di temperatura ridotto in relazione ai valori estremi di temperatura ambientale.
Le differenze dovute alla frequenza di prova devono essere valutate nell'ambito di una variazione della frequenza di almeno ± 30%, eccetto per i dispositivi il cui funzionamento dipende dalla velocità per i quali lo studio deve essere esteso a un campo maggiore.
Se le azioni variabili fanno modificare, con processo ciclico, i regimi tensionali, deve essere valutato il decadimento delle caratteristiche meccaniche per effetto della fatica.
Tutti i dispositivi devono avere una vita di servizio maggiore di dieci anni. Devono essere previsti piani di manutenzione e di sostituzione allo scadere della vita di servizio, senza significativi effetti sull'uso delle strutture in cui sono installati.
Qualora non sia applicabile quanto specificato al punto A oppure al punto C del paragrafo 11.1 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, i dispositivi antisismici devono essere dotati di un attestato di qualificazione rilasciato dal servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici. Tale attestato di qualificazione ha una validità di cinque anni.
L'elenco dei produttori e dei prodotti qualificati sarà reso disponibile presso il servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

#### *26.4. I documenti di accompagnamento delle forniture*

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi dell'attestato di conformità o dell'attestato di qualificazione, della certificazione del processo di produzione, dei rapporti di prova e le caratteristiche dichiarate dal produttore.

# Capitolo 5. MATERIALI PER OPERE DI COMPLETAMENTO E IMPIANTISTICHE

## Art. 27. **Gesso ed elementi in gesso**

### *27.1. Generalità*

Il gesso è ottenuto per frantumazione, cottura e macinazione di roccia sedimentaria, di struttura cristallina, macrocristallina oppure fine, il cui costituente essenziale è il solfato di calcio biidrato ($CaSO_4$, $2H_2O$). Deve presentarsi perfettamente asciutto, di recente cottura, di fine macinazione, privo di materie eterogenee e non alterato per estinzione spontanea.

NORMA DI RIFERIMENTO
**UNI 5371** - *Pietra da gesso per la fabbricazione di leganti. Classificazione, prescrizioni e prove.*

### *27.2. Fornitura e conservazione del gesso e degli elementi*

Il gesso deve essere fornito in sacchi sigillati di idoneo materiale, riportanti il nominativo del produttore e la qualità del gesso contenuto.
La conservazione dei sacchi di gesso deve essere effettuata in locali idonei e con tutti gli accorgimenti atti a evitare degradazioni per umidità.

### *27.3. Lastre di gesso rivestito*

Le lastre in gesso rivestito, prodotte in varie versioni, spessori e dimensioni, sono utilizzabili per la costruzione di pareti, contropareti e soffitti e in generale per le finiture d'interni. Le lastre rivestite sono costituite da un nucleo di gesso ottenuto delle rocce naturali. Il nucleo di gesso è rivestito da entrambi i lati con fogli di speciale cartone, ricavato da carta riciclata. Le caratteristiche del cartone delle superfici può variare in funzione dell'uso e del particolare tipo di lastra. Lo strato interno può contenere additivi per conferire ulteriori proprietà aggiuntive.
Le lastre di gesso rivestito possono essere fissate alle strutture portanti in profilati metallici con viti autofilettanti o alle strutture di legno con chiodi oppure incollate al sottofondo con collanti a base di gesso o altri adesivi specifici. Esse possono essere anche usate per formare controsoffitti sospesi.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 10718** - *Lastre di gesso rivestito. Definizioni, requisiti, metodi di prova*;
**UNI EN 520** - *Lastre di gesso. Definizioni, requisiti e metodi di prova*;
**UNI 9154-1** - *Edilizia. Partizioni e rivestimenti interni. Guida per l'esecuzione mediante lastre di gesso rivestito su orditura metallica*;
**UNI EN 14195** - *Componenti di intelaiature metalliche per sistemi a pannelli di gesso. Definizioni, requisiti e metodi di prova*.

### *27.4. Pannelli per controsoffitti*

La controsoffittatura interna, preferibilmente ispezionabile, deve essere realizzata con pannelli in gesso alleggerito in classe 0 di reazione al fuoco, su struttura metallica a vista/seminascosta atta a garantire una resistenza al fuoco REI 60.
I pannelli devono avere colore bianco naturale, delle dimensioni di 600 mm × 600 mm, con resistenza a un tasso di umidità relativa dell'aria del 90%.
I pannelli devono garantire un coefficiente di fonoassorbimento pari a quello determinato in fase di progetto esecutivo.
L'orditura metallica sarà realizzata con profili perimetrali a L e profili portanti a T in lamiera d'acciaio zincata e preverniciata, fissata al solaio con idonei tasselli, viti, pendini e ganci a molla regolabili.

## Art. 28. **Calci idrauliche da costruzioni**

Le calci da costruzione sono utilizzate come leganti per la preparazione di malte (da muratura e per intonaci interni ed esterni) e per la produzione di altri prodotti da costruzione. La norma **UNI EN 459-1** classifica le calci idrauliche nelle seguenti categorie e relative sigle di identificazione:
- calci idrauliche naturali (NHL): derivate esclusivamente da marne naturali o da calcari silicei, con la semplice aggiunta di acqua per lo spegnimento;
- calci idrauliche naturali con materiali aggiunti (NHL-Z), uguali alle precedenti, cui vengono aggiunti sino al 20% in massa di materiali idraulicizzanti o pozzolane;
- calci idrauliche (HL), costituite prevalentemente da idrossido di Ca, silicati e alluminati di Ca, prodotti mediante miscelazione di materiali appropriati.

La resistenza a compressione della calce è indicata dal numero che segue dopo la sigla (NHL 2, NHL 3.5 e NHL 5). La resistenza a compressione (in MPa) è quella ottenuta da un provino di malta dopo 28 giorni di stagionatura, secondo la norma **UNI EN 459-2**.
Le categorie di calci idrauliche NHL-Z e HL sono quelle che in passato ha costituito la calce idraulica naturale propriamente detta.
Il prodotto, che può essere fornito in sacchi o sfuso, deve essere accompagnato dalla documentazione rilasciata

dal produttore.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 459-1** - *Calci da costruzione. Definizioni, specifiche e criteri di conformità*;
**UNI EN 459-2** - *Calci da costruzione. Metodi di prova*;
**UNI EN 459-3** - *Calci da costruzione. Valutazione della conformità*.

## Art. 29. **Manufatti di pietre naturali o ricostruite**

### *29.1. Generalità*

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato. Le denominazioni commerciali devono essere riferite a campioni, atlanti, ecc.
Per le prove da eseguire presso i laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 si rimanda alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2232 (norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione), del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234 (norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione), e delle norme UNI vigenti.
I campioni delle pietre naturali da sottoporre alle prove da prelevarsi dalle forniture esistenti in cantiere, devono presentare caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche conformi a quanto prescritto nei contratti, in relazione al tipo della pietra e all'impiego che di essa deve farsi nella costruzione.

**Tabella 29.1. Valori indicativi di tenacità**

| Roccia | Tenacità |
|---|---|
| Calcare Gneiss Granito Arenaria calcarea Basalto Arenaria silicea | 1 1,20 1,50 1,50 2,30 2,60 |

**Tabella 29.2. Valori indicativi di resistenza a taglio**

| Roccia | Carico di rottura (MPa) |
|---|---|
| Arenarie Calcare Marmi Granito Porfido Serpentini Gneiss | 3-9 5-11 12 15 16 18-34 22-31 |

### *29.2. Marmo*

Roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino).
A questa categoria appartengono:
- i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri e i cipollini;
- i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;
- gli alabastri calcarei;
- le serpentiniti;
- le oficalciti.

### *29.3. Pietra*

Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.
A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariatissima, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili a uno dei due gruppi seguenti:
- rocce tenere e/o poco compatte;
- rocce dure e/o compatte.

Esempi di pietre del primo gruppo sono varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, ecc.) e varie rocce piroclastiche (peperini, tufi, ecc.). Al secondo gruppo, invece, appartengono le pietre a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, ecc.) e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi, ecc.).
Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle norme, dimensioni, tecniche di lavorazione e alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma **UNI EN 12670**.

NORMA DI RIFERIMENTO
**UNI EN 12670** - *Pietre naturali. Terminologia*.

*29.4. Requisiti d'accettazione*

I prodotti in pietra naturale o ricostruita devono rispondere alle seguenti prescrizioni:
- appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta, nonché essere conformi a eventuali campioni di riferimento ed essere esenti da crepe, discontinuità, ecc., che riducono la resistenza o la funzione;
- avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento;
- avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze.

Delle seguenti ulteriori caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (e i valori minimi e/o la dispersione percentuale):
- massa volumica reale e apparente, misurata secondo la norma **UNI EN 1936**;
- coefficiente dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica, misurato secondo la norma **UNI EN 13755**;
- resistenza a compressione uniassiale, misurata secondo la norma **UNI EN 1926**;
- resistenza a flessione a momento costante, misurata secondo la norma **UNI EN 13161**;
- resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234.

Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture, ecc.), si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato e alle prescrizioni di progetto.
I valori dichiarati saranno accettati dalla direzione dei lavori anche in base ai criteri generali del presente capitolato speciale d'appalto.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 12370** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali*;
**UNI EN 12371** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza al gelo*;
**UNI EN 12372** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato*;
**UNI EN 12407** - *Metodi di prova per pietre naturali. Esame petrografico*;
**UNI EN 13161** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a flessione a momento costante*;
**UNI EN 13364** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio*;
**UNI EN 13373** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi*;
**UNI EN 13755** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica*;
**UNI EN 13919** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO2 in presenza di umidit*à;
**UNI EN 14066** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termico*;
**UNI EN 14146** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del modulo di elasticità dinamico (tramite misurazione della frequenza fondamentale di risonanza)*;
**UNI EN 14147** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento mediante nebbia salina*;
**UNI EN 14157** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'abrasione*;
**UNI EN 14158** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'energia di rottura*;
**UNI EN 14205** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della durezza Knoop*;
**UNI EN 14231** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza allo scivolamento tramite l'apparecchiatura di prova a pendolo*;

**UNI EN 14579** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della velocità di propagazione del suono*;
**UNI EN 14580** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del modulo elastico statico*;
**UNI EN 14581** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del coefficiente di dilatazione lineare termica*;
**UNI EN 1925** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità*;
**UNI EN 1926** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a compressione uniassiale*;
**UNI EN 1936** - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta.*

*29.5. Manufatti da lastre*

I manufatti da lastre devono essere ricavati da lastre di spessore non superiore a 8 cm. Si hanno i seguenti prodotti:
- lastre refilate;
- listelli;
- modulmarmo/modulgranito.

*29.6. Manufatti in spessore*

I manufatti in spessore devono essere ricavati da blocchi o lastre di spessore superiore a 8 cm. Si hanno i seguenti prodotti:
- masselli;
- binderi;
- cordoni.

*29.7. Manufatti a spacco e sfaldo*

Tra i manufatti a spacco si indicano:
- cubetti di porfido;
- smolleri;
- lastre di ardesia;
- lastre di quarzite;
- lastre di serpentino;
- lastre di beola;
- lastre di arenaria.

## Art. 30. **Prodotti per pavimentazione e controsoffitti**

*30.1. Generalità. Definizioni*

Si definiscono *prodotti per pavimentazione* quelli utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione.
I termini funzionali del sottosistema parziale “pavimentazione” e degli strati funzionali che lo compongono sono quelli definiti dalla norma **UNI 7998**, in particolare:
- rivestimento: strato di finitura;
- supporto: strato sottostante il rivestimento;
- suolo: strato di terreno avente la funzione di sopportare i carichi trasmessi dalla pavimentazione;
- massicciata: strato avente la funzione di sopportare i carichi trasmessi dalla pavimentazione;
- strato di scorrimento: strato di compensazione tra i vari strati contigui della pavimentazione;
- strato di impermeabilizzazione: strato atto a garantire alla pavimentazione la penetrazione di liquidi;
- strato di isolamento termico: strato atto a conferire alla pavimentazione un grado stabilito di isolamento termico;
- stato di isolamento acustico: strato atto a conferire alla pavimentazione un grado stabilito di isolamento acustico;
- strato portante: strato strutturale (come, ad esempio, il solaio) atto a resistere ai carichi trasmessi dalla

pavimentazione;
- strato ripartitore: strato avente la funzione di trasmettere le sollecitazioni della pavimentazione allo strato portante;
- strato di compensazione: strato avente la funzione di fissare la pavimentazione e di compensare eventuali dislivelli.
Il direttore dei lavori, ai fini dell'accettazione dei prodotti, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni contrattuali.

NORME DI RIFERIMENTO GENERALI
**R.D. 16 novembre 1939, n. 2234** - *Norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione*;
**UNI 7998** - *Edilizia. Pavimentazioni. Terminologia*;
**UNI 7999** - *Edilizia. Pavimentazioni. Analisi dei requisiti*.

NORME DI RIFERIMENTO PER RIVESTIMENTI RESILIENTI PER PAVIMENTAZIONI
**UNI CEN/TS 14472-1** - *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Generalità*;
**UNI CEN/TS 14472-2** - *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Rivestimenti tessili per pavimentazioni*;
**UNI CEN/TS 14472-3** - *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Rivestimenti laminati per pavimentazioni*;
**UNI EN 1081** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza elettrica*;
**UNI EN 12103** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Supporti di agglomerato di sughero. Specifiche*;
**UNI EN 12104** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle di sughero. Specifica*;
**UNI EN 12105** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione del contenuto di umidità degli agglomerati a base di sughero*;
**UNI EN 12455** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifiche per supporti a base di sughero*;
**UNI EN 12466** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Vocabolario*;
**UNI EN 13893** - *Rivestimenti resilienti, laminati e tessili per pavimentazioni. Misura del coefficiente dinamico di attrito su superfici di pavimenti asciutte*;
**UNI EN 1399** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla bruciatura di sigaretta e di mozziconi di sigaretta*;
**UNI EN 14041** - *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Caratteristiche essenziali*;
**UNI EN 14085** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifiche per pannelli da pavimento con posa a secco*;
**UNI EN 14565** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di polimeri termoplastici sintetici. Specifiche*;
**UNI CEN/TS 15398** - *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Simboli normalizzati per i rivestimenti per pavimentazion*i;
**UNI CEN/TS 15398** - *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Simboli normalizzati per pavimentazioni*;
**UNI EN 1815** - *Rivestimenti resilienti e tessili per pavimentazioni. Valutazione della propensione all'accumulo di elettricità statica*;
**UNI EN 1818** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'azione di rotelle orientabili con carico pesante*;
**UNI EN 423** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla macchia*;
**UNI EN 424** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'effetto del movimento simulato dalla gamba di un mobile*;
**UNI EN 425** - *Rivestimenti resilienti e laminati per pavimentazioni. Prova della sedia con ruote*;
**UNI EN 426** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della larghezza, lunghezza, rettilineità e planarità dei prodotti in rotoli*;
**UNI EN 427** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della lunghezza dei lati,*

*dell'ortogonalità e della rettilineità delle piastrelle*;
**UNI EN 428** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dello spessore totale*;
**UNI EN 429** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dello spessore degli strati*;
**UNI EN 430** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa areica*;
**UNI EN 431** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della forza di adesione tra gli strati*;
**UNI EN 432** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della forza di lacerazione*;
**UNI EN 433** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'impronta residua dopo l'applicazione di un carico statico*;
**UNI EN 434** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della stabilità dimensionale e dell'incurvamento dopo esposizione al calore*;
**UNI EN 435** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della flessibilità*;
**UNI EN 436** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa volumica*;
**UNI EN 660-1** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'usura. Prova di Stuttgart*;
**UNI EN 660-2** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'usura. Parte 2: Prova di Frick-Taber*;
**UNI EN 661** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della propagazione dell'acqua*;
**UNI EN 662**- *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'incurvamento per esposizione all'umidità*;
**UNI EN 663** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della profondità convenzionale del rilievo*;
**UNI EN 664** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della perdita di sostanze volatili*;
**UNI EN 665** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della essudazione dei plastificanti*;
**UNI EN 666** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della gelatinizzazione*;
**UNI EN 669** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della stabilità dimensionale delle piastrelle di linoleum dovuta a variazioni dell'umidità atmosferica*;
**UNI EN 670** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Identificazione del linoleum e determinazione del contenuto di cemento e della cenere residua*;
**UNI EN 672** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa volumica apparente del sughero agglomerato*;
**UNI EN 684** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza delle giunzioni*;
**UNI EN 685** - *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Classificazione;*
**UNI EN 686** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto di schiuma*;
**UNI EN 687** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto di agglomerati compositi di sughero*;
**UNI EN 688** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per agglomerati di sughero linoleum*.

NORMA DI RIFERIMENTO PER LA POSA IN OPERA
**UNI 10329** - *Posa dei rivestimenti di pavimentazione. Misurazione del contenuto di umidità negli strati di supporto cementizi o simili.*

### *30.2. Requisiti di accettazione*

L'analisi dei requisiti dei prodotti per pavimentazioni deve essere condotta nel rispetto della norma **UNI 7999**. In patricolare, la pavimentazione dovrà resistere:
- alle forze agenti in direzione normale e tangenziale;
- alle azioni fisiche (variazioni di temperatura e umidità);
- all'azione dell'acqua (pressione, temperatura, durata del contatto, ecc.);
- ai fattori chimico-fisici (agenti chimici, detersivi, sostanze volatili);
- ai fattori elettrici (generazione di cariche elettriche);
- ai fattori biologici (insetti, muffe, batteri);

- ai fattori pirici (incendio, cadute di oggetti incandescenti, ecc.);
- ai fattori radioattivi (contaminazioni e alterazioni chimico fisiche).

Per effetto delle azioni sopraelencate, la pavimentazione non dovrà subire le alterazioni o i danneggiamenti indicati dalla norma **UNI 7999**, nello specifico:
- deformazioni;
- scheggiature;
- abrasioni;
- incisioni;
- variazioni di aspetto;
- variazioni di colore;
- variazioni dimensionali;
- vibrazioni;
- rumori non attenuati;
- assorbimento d'acqua;
- assorbimento di sostanze chimiche;
- assorbimento di sostanze detersive;
- emissione di odori;
- emissione di sostanze nocive.

### *30.3. Classificazione su metodo di formatura e assorbimento d'acqua delle piastrelle in ceramica*

Le piastrelle di ceramica per pavimentazioni dovranno essere del materiale indicato nel progetto, tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, cottoforte, gres, ecc.) devono essere associate alla classificazione basata sul metodo di formatura mediante estrusione (metodo A) o pressatura (metodo B) a temperatura ambiente o con altri processi produttivi (metodo C).

Il rivestimento deve essere vetroso e impermeabile ai liquidi. La superficie delle pistrelle non smaltata deve essere levigata.

I tre gruppi di assorbimento d'acqua (*E*) per le piastrelle pressate o estruse previste dalla norma **UNI EN 14411** sono schematizzati nella tabella 30.1.

**Tabella 30.1. Assorbimento d'acqua delle piastrelle di ceramica**

| **Assorbimento d'acqua (*E*) in %** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Basso assorbimento d'acqua** | | **Medio assorbimento d'acqua** | | | | **Alto assorbimento d'acqua** |
| **Gruppo BI[a] E ≤ 0,5%** | **Gruppo BI[b] 0,5% < E ≤ 3%** | **Gruppo AII[a] 3% < E ≤ 6%** | **Gruppo AII[b] 6% < E < 10%** | **Gruppo BII[a] 3% < E ≤ 6%** | **Gruppo BII[b] 6% < E ≤ 10%** | **Gruppo III E > 10%** |
| Piastrelle pressate a secco | | Piastrelle estruse | | Piastrelle pressate | | - |

#### *30.3.1. Imballaggi e indicazioni*

Le piastrelle di ceramica devono essere contenute in appositi imballi che le proteggano da azioni meccaniche, sporcatura, ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

In applicazione della norma **UNI EN 14411**, le piastrelle di ceramica e/o i loro imballaggi devono riportare:
- il marchio del fabbricante e/o il marchio del venditore e il paese di origine;
- il marchio indicante la prima scelta;
- il tipo di piastrelle e il riferimento all'appendice della stessa norma **UNI EN 14411**;
- le dimensioni nominali e le dimensioni di fabbricazione, modulari (M) o non modulari;
- la natura della superficie, smaltata (GL) o non smaltata (UGL).

In caso di piastrelle per pavimento devono essere riportati:
- i risultati ottenuti dalla prova di scivolosità;
- la classe di abrasione per le piastrelle smaltate.

#### *30.3.2. Designazione*

Le piastrelle di ceramica, come previsto dalla norma **UNI EN 14411**, devono essere designate riportando:

- il metodo di formatura;
- l'appendice della norma **UNI EN 14411**, che riguarda il gruppo specifico delle piastrelle;
- le dimensioni nominali e di fabbricazione, modulari (M) o non modulari;
- la natura della superficie: smaltata (GL) o non smaltata (UGL).

### 30.4. *Prodotti in gomma per pavimentazioni*

I prodotti di gomma per pavimentazioni sotto forma di piastrelle e rotoli devono rispondere alle prescrizioni date dal progetto e, in mancanza e/o a complemento, devono rispondere alle prescrizioni seguenti:
- essere esenti da difetti visibili (bolle, graffi, macchie, aloni, ecc.) sulle superfici destinate a restare in vista;
- avere costanza di colore tra i prodotti della stessa fornitura. In caso di contestazione, si farà riferimento alla norma **UNI 8272-2**.

Sulle dimensioni nominali e sull'ortogonalità dei bordi sono ammesse le tolleranze seguenti:
- piastrelle: lunghezza e larghezza ± 0,3%, spessore ± 0,2 mm;
- rotoli: lunghezza ± 1%, larghezza ± 0,3%, spessore ± 0,2 mm;
- piastrelle: scostamento dal lato teorico (in millimetri) non maggiore del prodotto tra dimensione del lato (in millimetri) e 0,0012;
- rotoli: scostamento dal lato teorico non maggiore di 1,5 mm;
- la durezza deve essere compresa tra 75 e 85 punti di durezza Shore A;
- la resistenza all'abrasione deve essere non maggiore di 300 $mm^3$;
- la stabilità dimensionale a caldo deve essere non maggiore dello 0,3% per le piastrelle e dello 0,4% per i rotoli;
- la classe di reazione al fuoco deve essere la prima secondo il D.M. 26 giugno 1984, allegato A3.1;
- la resistenza alla bruciatura da sigaretta, intesa come alterazioni di colore prodotta dalla combustione, non deve originare contrasto di colore uguale oltre i limiti d'accettazione della norma **UNI 8272-2**. Non sono, inoltre, ammessi affioramenti o rigonfiamenti;
- il potere macchiante, inteso come cessione di sostanze che sporcano gli oggetti che vengono a contatto con il rivestimento, per i prodotti colorati non deve dare origine a un contrasto di colore maggiore oltre i limiti d'accettazione della norma **UNI 8272-2**;
- il controllo delle caratteristiche suddette si intende effettuato secondo i criteri indicati dalla norma **UNI 8272**;
- i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio di accompagnamento indicherà, oltre al nome del fornitore, almeno le informazioni di cui ai punti sopraelencati.

#### *30.4.1. Norme di riferimento*

**UNI 8272-1** - *Prove sui rivestimenti di gomma per pavimentazioni. Esame dell'aspetto*;
**UNI 8272-2** - *Prove sui rivestimenti di gomma per pavimentazioni. Determinazione della costanza del colore*;
**UNI 8272-6** - *Prove sui rivestimenti di gomma per pavimentazioni. Determinazione dell'adesione al supporto*;
**UNI EN 12199** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma con rilievi omogenei ed eterogenei per pavimentazioni*;
**UNI EN 14521** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma liscia per pavimentazioni con o senza supporto di schiuma con uno strato decorativo*;
**UNI EN 1816** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma liscia omogenei ed eterogenei con supporto di schiuma per pavimentazioni*;
**UNI EN 1817** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma liscia omogenei ed eterogenei per pavimentazioni*;
**UNI EN 1903** - *Adesivi. Metodo di prova per adesivi per rivestimenti di plastica o di gomma di pavimentazioni o di pareti. Determinazione delle variazioni dimensionali dopo invecchiamento accelerato.*

### *30.5. Prescrizioni per i prodotti base di policloruro di vinile*

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

I prodotti di vinile, omogenei e non, e i tipi eventualmente caricati devono rispondere alle prescrizioni di cui alle seguenti norme:
**UNI EN 649** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti omogenei ed eterogenei per pavimentazioni a base di policloruro di vinile. Specifica*;
**UNI EN 650** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile su supporto di iuta o di feltro di poliestere oppure su supporto di feltro di poliestere con policloruro di vinile. Specifica*;
**UNI EN 651** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con strato di schiuma. Specifica*;
**UNI EN 652** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con supporto a base di sughero. Specifica*;
**UNI EN 653** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile espanso (cushioned). Specifica*;
**UNI EN 654** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle semiflessibili di policloruro di vinile. Specifica*;
**UNI EN 655** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle di agglomerato di sughero con strato di usura a base di policloruro di vinile. Specifica*;
**UNI EN 718** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa areica di un'armatura o di un supporto dei rivestimenti di polivinile di cloruro per pavimentazioni*;
**UNI EN 13413** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti di pavimenti a base di policloruro di vinile su supporto di fibra minerale. Specifiche*;
**UNI EN 13553** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni di polivinilcloruro per aree umide speciali - Specifiche*;
**UNI EN 13845** - *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con resistenza avanzata allo scivolamento. Specifica.*

### ***30.6.*** *Prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni*

I prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni, a seconda del tipo di prodotto, devono rispondere alle prescrizioni progettuali e a quelle del presente capitolato speciale d'appalto.

### *30.7. Mattonelle di conglomerato cementizio*

Le mattonelle di conglomerato cementizio potranno essere:
- con o senza colorazione e superficie levigata;
- con o senza colorazione con superficie striata o con impronta;
- a mosaico di cemento e di detriti di pietra con superficie levigata.

I suddetti prodotti devono rispondere alle prescrizioni del R.D. 2234 del 16 novembre 1939, per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro e alle prescrizioni progettuali.
Le mattonelle di conglomerato cementizio sono particolarmente adatte per pavimentazione di interni, di balconi e di terrazze. Devono essere formate di due strati:
- strato inferiore, costituito di conglomerato cementizio;
- strato superiore, con spessore minimo di 0,5 cm, costituito da malta ad alta percentuale di cemento. L'eventuale aggiunta di materie coloranti può anche essere limitata alla parte superficiale di logoramento (spessore minimo = 0,2 cm).

Il peso delle mattonelle occorrenti per l'esecuzione di un metro quadrato di pavimentazione è di circa 36 kg.

#### *30.7.1. Norme di riferimento*

Le mattonelle di *conglomerato cementizio* dovranno rispondere alle seguenti norme:
**UNI 2623** - *Mattonella quadrata di conglomerato cementizio*;
**UNI 2624** - *Mattonella rettangolare di conglomerato cementizio*;

**UNI 2625** - *Mattonella esagonale di conglomerato cementizio*;
**UNI 2626** - *Marmette quadrate di conglomerato cementizio*;
**UNI 2627** - *Marmette rettangolari di conglomerato cementizio*;
**UNI 2628** - *Pietrini quadrati di conglomerato cementizio*.

*30.8. Prove di accettazione dei materiali da pavimentazione in lastre o piastrelle*

Le prove da eseguire per accertare la qualità dei materiali da pavimentazione in lastre o piastrelle sono quelle di resistenza alla rottura per urto, alla rottura per flessione, all'usura per attrito radente, all'usura per getto di sabbia, la prova di gelività e, per le mattonelle d'asfalto o di altra materia cementata a caldo, anche quella d'impronta.
Le prove d'urto, flessione e impronta vengono eseguite su quattro provini, ritenendo valore definitivo la media dei tre risultati più omogenei tra i quattro.
La prova di usura deve essere eseguita su due provini i cui risultati vengono mediati.
La prova di gelività deve essere effettuata su tre provini, e ciascuno di essi deve resistere al gelo perché il materiale sia considerato non gelivo.
Le prove devono essere eseguite presso i laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

*30.8.1. Norme di riferimento*

In caso di contestazioni circa la qualità del materiale fornito dall'appaltatore, si farà riferimento alle seguenti norme:
**UNI 8013-1** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Terminologia e classificazione*;
**UNI 8014-1** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Prelievo, numero e dimensioni delle provette*;
**UNI 8014-2** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica totale*;
**UNI 8014-3** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica dell'intero strato d'utilizzazione*;
**UNI 8014-4** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica della parte utile dello strato di utilizzazione*;
**UNI 8014-5** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore totale*;
**UNI 8014-6** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore della parte utile dello strato d'utilizzazione*;
**UNI 8014-7** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di breve durata di carico statico moderato*;
**UNI 8014-8** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di lunga durata di carico statico elevato*;
**UNI 8014-9** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico*;
**UNI 8014-10** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa volumica del pelo utile*;
**UNI 8014-12** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio*;
**UNI 8014-13** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione del numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area*;
**UNI 8014-14** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della forza di strappo dei fiocchetti*;
**UNI 8014-15** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza allo sporcamento*;
**UNI 8014-16** - *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza elettrica orizzontale (superficiale) e verticale (trasversale).*

*30.9. Requisiti prestazionali della pavimentazione antisdrucciolevole*

Per *pavimentazione antisdrucciolevole* si intende una pavimentazione realizzata con materiali il cui coefficiente

di attrito, misurato secondo il metodo della British Ceramic Research Association Ltd. (B.C.R.A.) Rep. CEC. 6/81, sia superiore ai seguenti valori previsti dal D.M. n. 236/1989:
- 0,40 per elemento scivolante cuoio su pavimentazione asciutta;
- 0,40 per elemento scivolante gomma dura standard su pavimentazione bagnata.

I valori di attrito predetti non devono essere modificati dall'apposizione di strati di finitura lucidanti o di protezione che, se previsti, devono essere applicati sui materiali stessi prima della prova.
Le ipotesi di condizione della pavimentazione (asciutta o bagnata) devono essere assunte in base alle condizioni normali del luogo ove sia posta in opera.
Gli strati di supporto della pavimentazione devono essere idonei a sopportare nel tempo la pavimentazione e i sovraccarichi previsti, nonché ad assicurare il bloccaggio duraturo degli elementi costituenti la pavimentazione stessa.
Gli elementi costituenti una pavimentazione devono presentare giunture inferiori a 5 mm, stilate con materiali durevoli ed essere piani con eventuali risalti di spessore non superiore a 2 mm.
I grigliati inseriti nella pavimentazione devono essere realizzati con maglie non attraversabili da una sfera di 2 cm di diametro.
I grigliati a elementi paralleli devono, comunque, essere posti con gli elementi ortogonali alla direzione di marcia.

## *30.10. Controsoffitti*

### *30.10.1. Generalità*

I controsoffitti sono strutture di finitura costituiti da elementi modulari leggeri prefabbricati, sospesi a strutture puntiformi e discontinue. Gli elementi di sostegno possono essere fissati direttamente al solaio o a esso appesi.
Lo strato di tamponamento può essere realizzato con i seguenti elementi:
- doghe metalliche a giacitura orizzontale;
- lamelle a giacitura verticale;
- grigliati a giacitura verticale e orditura ortogonale;
- cassettoni costituiti da elementi a centina, nei materiali e colori previsti dalle indicazioni progettuali esecutive riguardo alle caratteristiche meccaniche, chimiche e fisiche.

Gli elementi dei controsoffitti non accettati dal direttore dei lavori per il manifestarsi di difetti di produzione o di posa in opera dovranno essere dismessi e sostituiti dall'appaltatore. I prodotti devono riportare la prescritta marcatura CE, in riferimento alla norma **UNI EN 13964**.
La posa in opera comprende anche l'eventuale onere di tagli, forature e formazione di sagome.
Il direttore dei lavori dovrà controllare la facile amovibilità degli elementi modulari dalla struttura di distribuzione per le eventuali opere di manutenzione.

### *30.10.2. Elementi di sospensione e profili portanti*

Gli organi di sospensione dei controsoffitti per solai in cemento armato laterizio possono essere realizzati con vari sistemi:
- fili metallici zincati;
- tiranti di ferro piatto con fori ovalizzati per la regolazione dell'altezza mediante viti;
- tiranti in ferro tondo o piatto.

Gli organi di sospensione dei controsoffitti fissati alle solette in cemento armato possono essere realizzati con:
- elementi in plastica incastrati nella soletta;
- guide d'ancoraggio;
- viti con tasselli o viti a espansione.

Gli organi di sospensione dei controsoffitti fissati ai solai in lamiera d'acciaio possono essere realizzati con:
- lamiere piane con occhielli punzonati;
- tasselli ribaltabili;
- tasselli trapezoidali collocati entro le nervature sagomate della lamiera.

I profili portanti i pannelli dei controsoffitti dovranno avere le caratteristiche tecniche indicate in progetto. In mancanza, si seguiranno le indicazioni del direttore dei lavori.

Gli eventuali elementi in legno per la struttura di sostegno del controsoffitto devono essere opportunamente trattati ai fini della prevenzione del loro deterioramento e imbarcamento.

*30.10.3. Controsoffitti in pannelli di fibre minerali*

I controsoffitti in pannelli di fibre minerali possono essere collocati su un doppio ordito di profili metallici a T rovesciata, sospesi mediante pendini o staffe. I profilati metallici potranno essere a vista, seminascosti o nascosti, secondo le prescrizioni progettuali o le direttive del direttore dei lavori.

*30.10.4. Norme di riferimento*

**UNI EN 13964** - *Controsoffitti. Requisiti e metodi di prova*;
**UNI EN 14246** - *Elementi di gesso per controsoffitti. Definizioni, requisiti e metodi di prova.*

## Art. 31. **Prodotti per rivestimenti interni ed esterni**

*31.1. Caratteristiche*

Si definiscono *prodotti per rivestimenti* quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti, facciate) e orizzontali (controsoffitti) dell'edificio. I prodotti per rivestimenti si distinguono in base allo stato fisico, alla collocazione e alla collocazione nel sistema di rivestimento.
In riferimento allo stato fisico, tali prodotti possono essere:
- rigidi (rivestimenti in ceramica, pietra, vetro, alluminio, gesso, ecc.);
- flessibili (carte da parati, tessuti da parati, ecc.);
- fluidi o pastosi (intonaci, vernicianti, rivestimenti plastici, ecc.).

In riferimento alla loro collocazione, si distinguono:
- prodotti per rivestimenti esterni;
- prodotti per rivestimenti interni.

Per ciò che concerne, infine, la collocazione dei prodotti nel sistema di rivestimento, si distinguono:
- prodotti di fondo;
- prodotti intermedi;
- prodotti di finitura.

Il direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa.

*31.2. Prodotti rigidi. Rivestimenti murali*

*31.2.1. Piastrelle di ceramica*

Con riferimento al D.M. 26 giugno 1997, recante l'istituzione dei marchi di *ceramica artistica e tradizionale* e di *ceramica di qualità*, la ceramica artistica e tradizionale deve recare il marchio previsto.
Per qualunque altra indicazione o contestazione riguardante le piastrelle di ceramica, si rimanda alle prescrizioni delle norme UNI vigenti.

*31.2.2. Lastre di cartongesso*

Il cartongesso è un materiale costituito da uno strato di gesso racchiuso tra due fogli di cartone speciale resistente e aderente.
In cartongesso si possono eseguire controsoffitti piani o sagomati, pareti divisorie che permettono l'alloggiamento di impianti tecnici e l'inserimento di materiali termo-acustici. Queste opere possono essere in classe 1 o classe 0 di reazione al fuoco e anche REI 60'/90'/120' di resistenza al fuoco.
Il prodotto in lastre deve essere fissato con viti autofilettanti a una struttura metallica in lamiera di acciaio zincato. Nel caso di contropareti, invece, deve essere fissato direttamente sulla parete esistente con colla e

tasselli e le giunzioni devono essere sigillate e rasate con appositi materiali.
Per i requisiti d'accettazione si rinvia all'articolo sui prodotti per pareti esterne e partizioni interne.

#### *31.2.3. Rivestimento ignifugo*

I rivestimenti con tessuti in fibra di vetro dovranno essere applicati su qualsiasi supporto, per risolvere problemi relativi a intonaci irregolari, ruvidi o cavillati. Tali prodotti dovranno possedere una notevole resistenza meccanica agli urti e all'abrasione. Dovranno inoltre possedere caratteristiche ignifughe ed essere omologati in classe 1 di reazione al fuoco, ai sensi del D.M. del 26 giugno 1984.
I tessuti vengono incollati sulla superficie trattata con speciali adesivi (escluso quelli appartenenti alla classe 0) e, una volta asciutti, potranno essere tinteggiati con idonei prodotti.

#### *31.2.4. Norme di riferimento*

Per qualunque altra indicazione o contestazione si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:
**UNI EN 233** - *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche delle carte da parati finite, dei fogli di vinile e dei fogli di plastica*;
**UNI EN 234** - *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per i rivestimenti murali da decorare successivamente*;
**UNI EN 235** - *Rivestimenti murali in rotoli. Vocabolario e simboli*;
**UNI EN 259** - *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali per uso intenso*;
**UNI EN 266** - *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali tessili*;
**UNI EN 12149** - *Rivestimenti murali in rotoli. Determinazione della migrazione dei metalli pesanti e di altre sostanze, del cloruro di vinile monomero e del rilascio di formaldeide*;
**UNI EN 13085** - *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per rivestimenti in rotoli di sughero.*

### *31.3. Prodotti fluidi o in pasta*

#### *31.3.1. Intonaci*

Gli intonaci sono rivestimenti realizzati con malta per intonaci costituita da un legante (calce, cemento, gesso), da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, ecc.) ed, eventualmente, da pigmenti o terre coloranti, additivi e rinforzanti.
Gli intonaci devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo, oltre alle seguenti proprietà:
- capacità di riempimento delle cavità ed eguagliamento delle superfici;
- proprietà ignifughe;
- impermeabilità all'acqua e/o funzione di barriera all'acqua;
- effetto estetico superficiale in relazione ai mezzi di posa usati;
- adesione al supporto.

Per i prodotti forniti premiscelati è richiesta la rispondenza a norme UNI. Per gli altri prodotti valgono i valori dichiarati dal fornitore e accettati dalla direzione dei lavori.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 9727** - *Prodotti per la pulizia (chimica) di rivestimenti (lapidei e intonaci). Criteri per l'informazione tecnica*;
**UNI 9728** - *Prodotti protettivi per rivestimento costituiti da lapidei e intonaci. Criteri per l'informazione tecnica.*

ARMATURA DEGLI INTONACI INTERNI
Gli intonaci interni ed esterni per prevenire la formazione di crepe e fessurazioni causate da assestamenti dei supporti sottostanti (mattoni, blocchi alleggeriti o prefabbricati, ecc.) e da agenti esterni dovranno essere armati con rete in fibra di vetro o in polipropilene, nella maglia indicata nei disegni esecutivi o dalla direzione dei lavori. La rete deve essere chimicamente inattaccabile da tutte le miscele, soprattutto in ambienti chimici aggressivi.
La larghezza della maglia dovrà essere proporzionale alla granulometria degli intonaci. Le maglie più larghe ben si adattano a intonaci più grezzi, quelle più strette agli intonaci fini.
L'applicazione della rete si eseguirà su un primo strato di intonaco ancora fresco, sovrapponendo i teli per circa

10 cm e successivamente all'applicazione di un secondo strato di materiale, avendo cura di annegare completamente la rete.

*31.3.2. Prodotti vernicianti*

I prodotti vernicianti devono essere applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formano una pellicola o uno strato non pellicolare sulla superficie.
Si distinguono in:
- tinte, se non formano pellicola e si depositano sulla superficie;
- impregnanti, se non formano pellicola e penetrano nelle porosità del supporto;
- pitture, se formano pellicola e hanno un colore proprio;
- vernici, se formano pellicola e non hanno un marcato colore proprio;
- rivestimenti plastici, se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), hanno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato.

I prodotti vernicianti devono possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche, in funzione delle prestazioni loro richieste:
- dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;
- avere funzione impermeabilizzante;
- essere traspiranti al vapore d'acqua;
- impedire il passaggio dei raggi UV;
- ridurre il passaggio della $CO_2$;
- avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco;
- avere funzione passivante del ferro;
- resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);
- resistere all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli progettuali o, in mancanza, quelli dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

## Art. 32. **Vernici, smalti, pitture, ecc.**

*32.1. Generalità*

I contenitori originali delle vernici e delle pitture devono rimanere sigillati in cantiere fino al momento dell'impiego dei prodotti contenuti. Quando una parte di vernice viene estratta, i contenitori devono essere richiusi con il loro coperchio originale. Lo stato e la sigillatura dei contenitori devono essere sottoposti all'esame del direttore dei lavori. La stessa verifica deve essere attuata al momento dell'apertura dei contenitori, per controllare lo stato delle vernici o delle pitture.
Tutti i prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche rilasciate dal produttore ai fini della verifica della corretta preparazione e applicazione. Le schede dovranno essere formalmente trasmesse alla direzione dei lavori.

*32.2. Vernici protettive antiruggine*

Le vernici antiruggine su superfici non zincate devono essere a base di zinco, minio oleofenolico o cromato.

*32.3. Idropitture lavabili*

Devono essere a base di resine sintetiche con composizione adatta per gli impieghi specifici, rispettivamente per interno o per esterno.
Trascorsi 15 giorni dall'applicazione, devono essere completamente lavabili senza dar luogo a rammollimenti dello strato, alterazioni della tonalità del colore o altri deterioramenti apprezzabili.

*32.4. Smalti*

Gli smalti devono possedere buone caratteristiche di copertura, distensione e adesione, stabilità di colore e resistenza elevata alle condizioni atmosferiche esterne che generalmente possono verificarsi nella zona ove

devono essere impiegati.

32.5. *Norme di riferimento*

**UNI 10997** - *Edilizia. Rivestimenti su supporti murari esterni di nuova costruzione con sistemi di verniciatura, pitturazione, RPAC, tinteggiatura ed impregnazione superficiale. Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione*;
**UNI 8681** - *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, RPAC, tinteggiatura e impregnazione superficiale. Criteri generali di classificazione*;
**UNI 8755** - *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, RPAC, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di attitudine all'immagazzinamento e all'applicazione*;
**UNI 8756** - *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, RPAC, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di identificazione e metodi di prova*;
**UNI 8757** - *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Criteri per l'informazione tecnica*;
**UNI 8758** - *Edilizia. Sistemi di verniciatura, pitturazione, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Criteri per l'informazione tecnica*;
**UNI EN 1062-1** - *Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni. Parte 1: Classificazione*;
**UNI EN 1062-3** - *Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo. Parte 3: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida*;
**UNI EN 1062-6** - *Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo. Determinazione della permeabilità all'anidride carbonica*;
**UNI EN 1062-7** - *Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni. Parte 7: Determinazione delle proprietà di resistenza alla screpolatura*;
**UNI EN 1062-11** - *Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo. Metodi di condizionamento prima delle prove*;
**UNI EN 13300** - *Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura all'acqua per pareti e soffitti interni. Classificazione*;
**UNI EN 927-1** - *Prodotti vernicianti. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Classificazione e selezione*;
**UNI EN 927-2** - *Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 2: Specifica delle prestazioni*;
**UNI EN 927-3** - *Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 3: Prova d'invecchiamento naturale*;
**UNI EN 927-5** - *Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 5: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida*;
**UNI EN 927-6** - *Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 6: Esposizione di rivestimenti per legno all'invecchiamento artificiale utilizzando lampade fluorescenti e acqua*;
**UNI EN ISO 12944-1** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Introduzione generale*;
**UNI EN ISO 12944-2** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Classificazione degli ambienti*;
**UNI EN ISO 12944-3** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Considerazioni sulla progettazione*;
**UNI EN ISO 12944-4** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Tipi di superficie e loro preparazione*;
**UNI EN ISO 12944-5** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 5: Sistemi di verniciatura protettiva*;
**UNI 10527** - *Prodotti vernicianti. Preparazione dei supporti di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti similari. Prove per valutare la pulizia delle superfici. Prova in campo per prodotti solubili di corrosione del ferro*;
**UNI 10560** - *Prodotti vernicianti. Pitture murali in emulsione per interno. Resistenza al lavaggio. Metodo della*

*spazzola*;
**UNI 11272** - *Pitture e vernici. Linee guida per la stesura di garanzie tecniche di durata per rivestimenti ottenuti con prodotti vernicianti*;
**UNI 8305** - *Prodotti vernicianti. Esame preliminare e preparazione dei campioni per il collaudo*;
**UNI 8405** - *Materie prime per prodotti vernicianti. Comparazione del colore in massa dei pigmenti*;
**UNI 8406** - *Materie prime per prodotti vernicianti. Comparazione del tono in diluizione e del potere colorante dei pigmenti*;
**UNI 8901** - *Prodotti vernicianti. Determinazione della resistenza all'urto.*

## Art. 33. **Sigillanti, adesivi e geotessili**

### *33.1. Sigillanti*

Si definiscono *sigillanti* i prodotti utilizzati per riempire in forma continua e durevole i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne, ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua, ecc. Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i sigillanti si intendono rispondenti alle seguenti caratteristiche:
- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- diagramma forza/deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego, cioè con decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche che non pregiudichino la sua funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI ISO 11600** - *Edilizia. Sigillanti. Classificazione e requisiti*.

a) piastrelle
**UNI EN 13888** - *Sigillanti per piastrelle - Requisiti, valutazione di conformità, classificazione e designazione*;
**UNI EN 12808-1** - *Sigillanti per piastrelle - Parte 1: Determinazione della resistenza chimica di malte a base di resine reattive*;
**UNI EN 12808-2** - *Sigillanti per piastrelle - Parte 2: Determinazione della resistenza all'abrasione*;
**UNI EN 12808-3** - *Sigillanti per piastrelle - Parte 3: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione*;
**UNI EN 12808-4** - *Sigillanti per piastrelle - Parte 4: Determinazione del ritiro*;
**UNI EN 12808-5** - *Sigillanti per piastrelle - Parte 5: Determinazione dell'assorbimento d'acqua.*

b) giunti
**UNI EN 15651-1** - *Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali - Parte 1: Sigillanti per elementi di facciate*;
**UNI EN 15651-2** - *Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali - Parte 2: Sigillanti per vetrate*;
**UNI EN 15651-3** - *Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali - Parte 3: Sigillanti per giunti per impieghi sanitari*;
**UNI EN 15651-4** - *Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali - Parte 4: Sigillanti per camminamenti pedonali*;
**UNI EN 15651-5** - *Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali - Parte 5: Valutazione di conformità e marcatura*.

### *33.2. Adesivi*

Si definiscono *adesivi* i prodotti utilizzati per ancorare un prodotto a uno attiguo, in forma permanente,

resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc., dovute all'ambiente e alla destinazione d'uso.
Sono inclusi nel presente articolo gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, ferroso, legnoso, ecc.).
Sono esclusi gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti.
Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:
- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego (cioè con un decadimento delle caratteristiche meccaniche che non pregiudichino la loro funzionalità);
- durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
- proprietà meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

### *33.2.1. Adesivi per piastrelle*

Il prodotto dovrà essere preparato versandolo in un recipiente, aggiungendo la percentuale d'acqua prevista dal produttore e mescolando con il trapano elettrico a basso numero di giri per qualche minuto, fino a ottenere un impasto omogeneo (ovvero senza grumi), che, prima dell'impiego, deve essere lasciato a riposo per qualche minuto.
Il prodotto deve essere applicato su supporto esente da polveri, oli, grassi, ecc., con spatola dentata con passaggi sia orizzontali sia verticali.
Dovrà essere evitata l'applicazione del prodotto su quei supporti che presentano condizioni di maturazione insufficienti o contenuto d'acqua eccessivo. Si dovrà, inoltre, proteggere il prodotto dal gelo e non porlo in opera a temperature inferiori a + 5 °C. In presenza di temperature elevate e supporti assorbenti, è buona norma inumidire la superficie prima della stesura.
Il prodotto dovrà possedere i seguenti parametri meccanici:
- resistenza a compressione ($N/mm^2$): 7,5;
- resistenza a flessione ($N/mm^2$): 2;
- resistenza allo strappo (adesione) ($N/mm^2$): 0,8.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 12002** - *Adesivi per piastrelle. Determinazione della deformazione trasversale di adesivi sigillanti e cementizi*;
**UNI EN 12003** - *Adesivi per piastrelle. Determinazione della resistenza al taglio degli adesivi reattivi con resina*;
**UNI EN 12004** - *Adesivi per piastrelle. Requisiti, valutazione di conformità, classificazione e designazione*;
**UNI EN 1323** - *Adesivi per piastrelle. Lastra di calcestruzzo per le prove*;
**UNI EN 1324** - *Adesivi per piastrelle. Determinazione dell'adesione mediante sollecitazione al taglio di adesivi in dispersione*;
**UNI EN 1308** - *Adesivi per piastrelle. Determinazione dello scorrimento*;
**UNI EN 1346** - *Adesivi per piastrelle. Determinazione del tempo aperto*;
**UNI EN 1347** - *Adesivi per piastrelle. Determinazione del potere bagnante*;
**UNI EN 1348** - *Adesivi per piastrelle. Determinazione dell'aderenza mediante trazione su adesivi cementizi*.

### *33.2.2. Adesivi per rivestimenti ceramici*

Il prodotto dovrà essere preparato versandolo in un recipiente, aggiungendo la percentuale d'acqua prevista dal produttore e mescolando con il trapano elettrico a basso numero di giri per qualche minuto, fino a ottenere un impasto omogeneo (ovvero senza grumi), che, prima dell'impiego, deve essere lasciato a riposo per qualche minuto.
Il prodotto deve essere applicato su supporto esente da polveri, oli, grassi, ecc., con spatola dentata con passaggi sia orizzontali che verticali.
Dovrà essere evitata l'applicazione del prodotto su quei supporti che presentino condizioni di maturazione insufficienti o contenuto d'acqua eccessivo. Si dovrà, inoltre, proteggere il prodotto dal gelo e non porlo in opera

a temperature inferiori a + 5 °C. In presenza di temperature elevate e supporti assorbenti, è buona norma inumidire la superficie prima della stesura.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 10110** - *Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione del potere di ritenzione d'acqua della pasta*;
**UNI 10111** - *Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione della granulometria della polvere*;
**UNI EN 1245** - *Adesivi - Determinazione del pH. Metodo di prova*;
**UNI 10113** - *Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione del residuo secco*;
**UNI 9446** - *Adesivi. Determinazione della massa volumica apparente di adesivi in polvere per rivestimenti ceramici*.

*33.2.3. Metodi di prova*

In luogo delle certificazioni di prova, l'appaltatore potrà fornire la certificazione rilasciata dal produttore previa accettazione della direzione dei lavori.
I metodi di prova sui requisiti degli adesivi dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:
**UNI EN 828** - *Adesivi. Bagnabilità. Determinazione mediante misurazione dell'angolo di contatto e della tensione superficiale critica della superficie solida*;
**UNI EN ISO 15605** - *Adesivi. Campionamento*;
**UNI EN 924** - *Adesivi. Adesivi con e senza solvente. Determinazione del punto di infiammabilità*;
**UNI EN 1067** - *Adesivi. Esame e preparazione di campioni per le prove*;
**UNI EN 1465** - *Adesivi. Determinazione della resistenza al taglio per trazione di assemblaggi a due substrati rigidi incollati*;
**UNI EN 1841** - *Adesivi. Metodi di prova degli adesivi per rivestimenti di pavimentazione e pareti. Determinazione delle variazioni dimensionali di un rivestimento per pavimentazione in linoleum a contatto con un adesivo*;
**UNI EN 12092** - *Adesivi. Determinazione della viscosità*;
**UNI 9059** - *Adesivi. Determinazione del tempo di gelificazione di resine ureiche*;
**UNI EN 1238** - *Adesivi. Determinazione del punto di rammollimento di adesivi termoplastici (metodo biglia e anello)*;
**UNI 9446** - *Adesivi. Determinazione della massa volumica apparente di adesivi in polvere per rivestimenti ceramici*;
**UNI EN 1721** - *Adesivi per carta e cartone, imballaggio e prodotti sanitari monouso. Misurazione dell'adesività di prodotti autoadesivi. Determinazione dell'adesività mediante una sfera rotolante*;
**UNI 9591** - *Adesivi. Determinazione della resistenza al distacco (peeling) a caldo di un adesivo per incollaggio di policloruro di vinile (PVC) su legno*;
**UNI 9594** - *Adesivi. Determinazione del tempo aperto massimo di adesivi per legno mediante prove di taglio per trazione*;
**UNI 9595** - *Adesivi. Determinazione della rapidità di presa a freddo di adesivi per legno mediante prove di taglio per trazione*;
**UNI 9752** - *Adesivi. Determinazione del potere bagnante di un adesivo mediante la misura dell'angolo di contatto*;
**UNI EN 26922** - *Adesivi. Determinazione della resistenza alla trazione dei giunti di testa*;
**UNI EN 28510-1** - *Adesivi. Prova di distacco per un assemblaggio ottenuto per incollaggio di un materiale flessibile su rigido. Distacco a 90°*;
**UNI EN 28510-2** - *Adesivi. Prova di distacco per un assemblaggio ottenuto per incollaggio di un materiale flessibile su rigido. Distacco a 180°*;
**UNI EN ISO 9142** - *Adesivi. Guida alla selezione di condizioni normalizzate di laboratorio per prove di invecchiamento di giunti incollati*;
**UNI EN ISO 9653** - *Adesivi. Metodo di prova per la resistenza al taglio di giunti adesivi*.

### *33.3. Geotessili*

Si definiscono *geotessili* i prodotti utilizzati per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) e in coperture. La natura del polimero costituente è poliestere.

Si distinguono in:

- tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
- nontessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura), chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno nontessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

I geotessili sono caratterizzati da:

- filamento continuo (o da fiocco);
- trattamento legante meccanico (o chimico o termico);
- peso unitario di 300 g/mq.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde a una norma UNI di cui al successivo punto e/o è in possesso di attestato di conformità. In loro mancanza, valgono i valori dichiarati dal produttore e accettati dalla direzione dei lavori.

#### *33.3.1. Geotessili. Norme di riferimento*

Quando non è specificato nel progetto esecutivo, i geotessili devono essere rispondenti alle seguenti norme:

**UNI EN ISO 13433** - *Geosintetici. Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono)*;
**UNI EN ISO 9863-2** - *Geotessili e prodotti affini. Determinazione dello spessore a pressioni stabilite. Procedura per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato*;
**UNI EN ISO 10319** - *Geotessili. Prova di trazione a banda larga*;
**UNI EN ISO 10321** - *Geosintetici. Prova di trazione a banda larga per giunzioni e cuciture*;
**UNI EN 12447** - *Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'idrolisi*;
**UNI EN 12224** - *Geotessili e prodotti affini. Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici*;
**UNI EN 12225** - *Geotessili e prodotti affini. Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interramento*;
**UNI EN 12226** - *Geotessili e prodotti affini. Prove generali per valutazioni successive a prove di durabilità*;
**UNI EN ISO 12236** - *Geotessili e prodotti affini. Prova di punzonamento statico (metodo CBR)*;
**UNI EN ISO 13438** - *Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione*.

#### *33.3.2. Nontessuti. Norme di riferimento*

*b) Nontessuti*

Per quanto non espressamente indicato per i nontessuti si rimanda alle prescrizione delle seguenti norme:

**UNI EN 29092** - *Tessili. Nontessuti. Definizione*;
**UNI 8279-1** - *Nontessuti. Metodi di prova. Campionamento*;
**UNI 8279-3** - *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della permeabilità all'aria*;
**UNI 8279-4** - *Nontessuti. Metodi di prova. Prova di trazione (metodo di Grab)*;
**UNI EN ISO 9073-2** - *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione dello spessore*;
**UNI EN ISO 9073-6** - *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Parte 6: Assorbimento*;
**UNI 8279-11** - *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza alla perforazione con il metodo della sfera*;
**UNI 8279-12** - *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della variazione dimensionale a caldo*;
**UNI 8279-13** - *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua*;
**UNI 8279-14** - *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)*;
**UNI SPERIMENTALE 8279-16** - *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del tempo di assorbimento di acqua (metodo della goccia)*;
**UNI 8279-17** - *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della stabilità agli agenti atmosferici artificiali*;
**UNI EN 29073-1** - *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della massa areica*;

**UNI EN 29073-3** - *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della resistenza a trazione e dell'allungamento.*

## Art. 34. **Prodotti e materiali per partizioni interne e pareti esterne**

### 34.1. Definizioni

Le partizioni interne ed esterne dell'edificio con riferimento alla norma **UNI 8290-1** si possono classificare in tre livelli:
- partizioni interne verticali:
- pareti interne verticali;
- infissi interni verticali;
- elementi di protezione.
- partizioni interne orizzontali:
- solai;
- soppalchi;
- infissi interni orizzontali.
- partizioni interne inclinate:
- scale interne;
- rampe interne.

Le partizioni esterne dell'edificio si possono classificare in:
- partizione interne verticali:
- elementi di protezione;
- elementi di separazione.
- partizioni esterne orizzontali:
- balconi/logge;
- passerelle.
- partizioni esterne inclinate:
- scale esterne;
- rampe interne.

Il direttore dei lavori, ai fini dell'accettazione dei materiali per la realizzazione dei principali strati funzionali di queste parti di edificio, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Nel caso di contestazione, si intende che la procedura di prelievo dei campioni, le modalità di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI e, in mancanza di questi, quelli descritti nella letteratura tecnica.

#### *34.1.1. Pareti interne verticali*

Le pareti interne verticali possono essere costituite da strutture continue, rigide e opache, oppure da elementi trasparenti; inoltre, possono essere fisse o spostabili. Le pareti devono supportare gli infissi interni quali porte, sportelli, sopraluci, ecc. Le pareti verticali possono essere costituite dai seguenti componenti:
- elemento di parete (muratura, pannello ecc.), costituito da uno o più strati;
- zoccolino battiscopa (gres, plastica, legno, ecc.), elemento di raccordo tra la parete e il pavimento;
- giunto laterale verticale, elemento di raccordo con la struttura portante;
- giunto superiore orizzontale, elemento di raccordo con il solaio superiore;
- giunto inferiore orizzontale, elemento di raccordo con il solaio inferiore;
- sopralzo, elemento di parete collocato ad altezza superiore a quella delle porte;
- fascia di aggiustaggio, superiore o laterale, elemento con funzioni di raccordo rispetto alle strutture, alle partizioni o agli elementi tecnici;
- infisso interno verticale (porta, passacarte, sportello, sopraluce, sovraporta, telaio vetrato).

Le pareti interne devono possedere i seguenti requisiti:
- spessore totale compreso rifiniture: come da elaborati grafici;
- resistenza al fuoco: COME DA ELABORATI GRAFICI;

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 8087** - *Edilizia residenziale. Partizioni interne verticali. Analisi dei requisiti*;
**UNI PROVVISORIA 9269** - *Pareti verticali. Prova di resistenza agli urti.*
**UNI 8290-1** - *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia*;
**UNI 8290-2** - *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti*;
**UNI 8290-3** - *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi degli agenti*;
**UNI 7960** - *Edilizia residenziale. Partizioni interne. Terminologia*;
**UNI 8326** - *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prove di resistenza ai carichi sospesi*;
**UNI 8327** - *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza al calore per irraggiamento*;
**UNI 10700** - *Partizioni interne. Pareti interne mobili. Terminologia e classificazione*;
**UNI 10815** - *Pareti interne mobili. Attrezzabilità per impianti tecnici. Criteri generali*;
**UNI 10816** - *Pareti interne mobili. Attrezzabilità con equipaggiamenti di servizio. Criteri generali*;
**UNI 10817** - *Pareti interne mobili. Collegamenti di messa a terra. Requisiti e verifica*;
**UNI 10820** - *Partizioni interne. Pareti interne mobili. Analisi dei requisiti*;
**UNI 10879** - *Pareti interne mobili. Prova di resistenza ai carichi sospesi e orizzontali*;
**UNI 10880** - *Pareti interne mobili. Requisiti e metodi di prova di resistenza agli urti*;
**UNI 11004** - *Partizioni interne. Pareti interne mobili. Tipologie significative per la determinazione del potere fono-isolante*;
**UNI 8201** - *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza agli urti da corpo molle e duro*;
**UNI 8326** - *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prove di resistenza ai carichi sospesi*;
**UNI 8327** - *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza al calore per irraggiamento*;
**UNI EN 13084-6** - *Camini strutturalmente indipendenti. Parte 6: Pareti interne di acciaio. Progettazione e costruzione*;
**UNI EN 13084-7** - *Camini strutturalmente indipendenti. Parte 7: Specifiche di prodotto applicabili a elementi cilindrici di acciaio da utilizzare per camini di acciaio a parete singola e per pareti interne di acciaio*;
**UNI EN 438-7** - *Laminati decorativi ad alta pressione (HPL). Pannelli a base di resine termoindurenti (generalmente chiamati laminati). Parte 7: Laminati stratificati e pannelli compositi HPL per applicazioni su pareti interne ed esterne e su soffitti*;
**UNI EN 594** - *Strutture di legno. Metodi di prova. Resistenza rigidezza di piastra di pannelli per pareti con telaio di legno*;
**UNI EN 596** - *Strutture di legno. Metodi di prova. Prova di impatto con un corpo morbido su pareti con telaio di legno*;
**UNI 10386** - *Materie plastiche cellulari rigide. Pannelli compositi con anima di poliuretano espanso rigido e paramenti rigidi per coperture, pareti perimetrali verticali esterne e di partizione interna. Tipi, requisiti e prove.*

### *34.2. Prodotti a base di cartongesso*

I prodotti a base di cartongesso devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo e, in mancanza, alle prescrizioni seguenti:
- spessore con tolleranza di ± 0,5 mm;
- lunghezza e larghezza con tolleranza di ± 2 mm;
- resistenza all'impronta, all'urto e alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio);
- basso assorbimento d'acqua;
- bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore);
- resistenza all'incendio dichiarata;
- isolamento acustico dichiarato.

I limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto esecutivo e, in loro mancanza, quelli dichiarati dal produttore e approvati dalla direzione dei lavori.

## Art. 35. **Prodotti per coperture discontinue (a falda)**

### *35.1. Definizioni*

Si definiscono *prodotti per le coperture* quelli utilizzati per realizzare lo strato di tenuta all'acqua nei sistemi di copertura e quelli usati per altri strati complementari.
Per la realizzazione delle coperture discontinue nel loro insieme, si rinvia all'articolo sull'esecuzione delle coperture discontinue.
Il direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 8089** - *Edilizia. Coperture e relativi elementi funzionali. Terminologia funzionale*;
**UNI 8090** - *Edilizia. Elementi complementari delle coperture. Terminologia*;
**UNI 8091** - *Edilizia. Coperture. Terminologia geometrica*;
**UNI 8178** - *Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali*;
**UNI 8635-1** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Esame dell'aspetto e della confezione*;
**UNI 8635-2** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della lunghezza*;
**UNI 8635-3** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della larghezza*;
**UNI 8635-4** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione dello spessore*;
**UNI 8635-5** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della planarità*;
**UNI 8635-6** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione dell'ortometria e della rettilineità dei bordi*;
**UNI 8635-7** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione del profilo*;
**UNI 8635-8** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della massa convenzionale*;
**UNI 8635-9** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della permeabilità all'acqua*;
**UNI 8635-10** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua*;
**UNI 8635-11** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della gelività con cicli alterni*;
**UNI 8635-12** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della gelività con porosimetro*;
**UNI 8635-13** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione del carico di rottura a flessione*;
**UNI 8635-14** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione della resistenza meccanica del dispositivo di ancoraggio*;
**UNI 8635-15** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazione del numero per unità di area e della massa areica*;
**UNI 8635-16** - *Edilizia. Prove di prodotti per coperture discontinue. Determinazioni delle inclusioni calcaree nei prodotti di laterizio.*

### *35.2. Lastre di metallo*

Le lastre di metallo (acciaio zincato, acciaio zincato-alluminio, acciaio zincato-rame, alluminio) e i loro pezzi speciali si intendono denominati secondo l'usuale terminologia commerciale. Essi dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto.
Le caratteristiche predette saranno quelle riferite al prodotto in lamina prima della lavorazione. Gli effetti estetici e i difetti saranno valutati in relazione alla collocazione dell'edificio.
I prodotti autoportanti (compresi i pannelli, le lastre grecate, ecc.), oltre a rispondere alle prescrizioni predette, dovranno soddisfare la resistenza a flessione secondo i carichi di progetto e la distanza tra gli appoggi.
I criteri di accettazione sono quelli già indicati. In caso di contestazione, si fa riferimento alla norma **UNI 10372**.
Le lamiere saranno inoltre esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, crepe, crateri, ecc.) e da difetti di forma (svergolamento, ondulazione, ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e dovranno avere l'eventuale rivestimento superficiale prescritto nel progetto.

La fornitura dovrà essere accompagnata da foglio informativo riportante il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

### *35.3. Strato di isolamento della copertura*

L'isolamento della copertura potrà essere eseguito con:
- pannello di sughero;
- pannello multistrato;
- poliuretano espanso

PANNELLO MULTISTRATO

Pannello con particolare ondulazione, atto a offrire al coppo tre punti di appoggio impedendone lo scivolamento. La composizione in speciale multistrato impregnato sottovuoto garantisce perfetta impermeabilità e forte resistenza agli sbalzi di temperatura e al gelo.
Pannello metallico coibentato autoportante, costituito da una lamiera grecata ed una micronervata con interno uno strato isolante di poliuretano espanso rigido.
Lato interno:
- ... Lamiera in acciaio tipo S 280 GD (EN 10147) conforme alla tipologia FE 360 riportata nel prospetto I-II DM 09/01/1996, supporti metallici ricavati mediante profilatura da nastri in acciaio preverniciato, zincato a caldo con procedimento sendzimir, conformi alla Norma EN 10147 e calcolati secondo le Istruzioni CNR 10022/84
- ... Spessore: 0.4-0.5-0.6 mm
- ... Superficie: micronervata con passo micronervature 62.5 mm
- ... Verniciata con prime dello spessore non inferiore a 5 micron e successivamente rivestito con smalto

Isolamento termico:
- ... Realizzato in poliuretano espanso a celle chiuse con reazione al fuoco minimo di classe B-s2, d0
- ... Spessore: 30-40-50-60-80-100 mm
- ... Densità media: atta a garantire la trasmittanza inferiore a 0.27 kW/mq

Lato esterno:
- ... Lamiera in acciaio tipo S 280 GD (EN 10147) conforme alla tipologia FE 360 riportata nel prospetto I-II DM 09/01/1996
- ... Spessore: 0.5-0.6 mm
- ... Superficie: grecata con altezza greche 38 mm, larghezza greche 20 mm, interasse greche 333.3 mm

Verniciata con primer dello spessore non inferiore a 5 micron e successivamente rivestito con smalto
Posa in opera eseguita mediante foratura dei pannelli e degli appoggi sottostanti, inserimento fissaggio meccanico specifico ed omologato costituito da viti auto-filettanti in acciaio zincato passivato con rondella cava incorporata, cappellotti in acciaio zincato e/o verniciato, guarnizioni in paradrite e vipla. Tutti i fissaggi e gli accessori dovranno essere del tipo omologato dal produttore del pannello.

NORME DI RIFERIMENTO

Nel caso di contestazione, le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e la valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI di seguito riportate:
**UNI 8625-1** - *Edilizia. Prove di coperture discontinue. Determinazione della permeabilità all'acqua*;
**UNI 8626** - *Edilizia. Prodotti per coperture discontinue. Caratteristiche, piani di campionamento e limiti di accettazione*;
**UNI 8627** - *Edilizia. Sistemi di copertura. Definizione e classificazione degli schemi funzionali, soluzioni conformi e soluzioni tecnologiche*;
**UNI 9308-1** - *Coperture discontinue. Istruzione per la progettazione. Elementi di tenuta*;
**UNI 10372** - *Coperture discontinue. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture realizzate con elementi metallici in lastre*.

## Art. 36. **Impermeabilizzazioni e coperture piane**

### *36.1. Generalità*

I prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane sono sotto forma di:
- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo o a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo o a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana continua.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 8178** - *Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali*;
**UNI EN 1504-1** - *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 1: Definizioni*;
**UNI EN 1504-2** - *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 2: Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo*;
**UNI EN 1504-3** - *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 3: Riparazione strutturale e non strutturale*.

### *36.2. Classificazione delle membrane*

Le membrane si classificano in base:
a) al materiale componente, per esempio:
- bitume ossidato fillerizzato;
- bitume polimero elastomero;
- bitume polimero plastomero;
- etilene propilene diene;
- etilene vinil acetato, ecc.

b) al materiale di armatura inserito nella membrana, per esempio:
- armatura vetro velo;
- armatura poliammide tessuto;
- armatura polipropilene film;
- armatura alluminio foglio sottile, ecc.

c) al materiale di finitura della faccia superiore, per esempio:
- poliestere film da non asportare;
- polietilene film da non asportare;
- graniglie, ecc.

d) al materiale di finitura della faccia inferiore, per esempio:
- poliestere non tessuto;
- sughero;
- alluminio foglio sottile, ecc.

### *36.3. Membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore*

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore sono le seguenti (norme **UNI 9380-1** e **UNI 9380-2**):
- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione;
- flessibilità a freddo;
- comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- invecchiamento termico in acqua;
- giunzioni resistenti a trazione e impermeabili all'aria.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 9380-1** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per strato di barriera e/o schermo al vapore*;

**UNI 9380-2** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per strato di barriera e/o schermo al vapore*;

**UNI 8629-1** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Caratteristiche prestazionali e loro significatività*;

**UNI 8629-2** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per elemento di tenuta*;

**UNI 8629-3** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPE per elemento di tenuta*;

**UNI 8629-4** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione per tipi EPDM e IIR per elementi di tenuta*;

**UNI 8629-5** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta*;

**UNI 8629-6** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi a base di PVC plastificato per elementi di tenuta*;

**UNI 8629-7** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta*;

**UNI 8629-8** - *Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per elemento di tenuta*.

### *36.4. Membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore*

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore, di irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante sono le seguenti (norma **UNI 9168**):

- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- comportamento all'acqua;
- invecchiamento termico in acqua.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

Le membrane rispondenti alle norme **UNI 9380** (varie parti) e **UNI 8629** (varie parti) per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

### 36.5. *Membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria*

I prodotti non normati devono essere conformi ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

Le membrane rispondenti alle norme **UNI 9380** e **UNI 8629** per le caratteristiche precitate sono valide anche per formare gli strati di tenuta all'aria.

In particolare, dovranno essere controllati i seguenti parametri:

- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alla lacerazione;
- comportamento all'acqua;
- giunzioni resistenti alla trazione e alla permeabilità all'aria.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 9168-1** - *Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi con armatura cartafeltro o vetro velo*;

**UNI 9168-2** - *Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi BOF*.

*36.6. Membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua*

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua sono le seguenti (norma **UNI 8629**, varie parti):
- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alla lacerazione;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionale in seguito ad azione termica;
- stabilità di forma a caldo;
- impermeabilità all'acqua e comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria e in acqua;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche);
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche);
- giunzioni resistenti a trazione e impermeabili all'aria.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

*36.7. Membrane destinate a formare strati di protezione*

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di protezione sono le seguenti (norma **UNI 8629**, varie parti):
- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alle lacerazioni;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionali a seguito di azione termica;
- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR);
- comportamento all'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria;
- giunzioni resistenti a trazione;
- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

*36.8. Membrane a base di elastomeri e di elastomeri*

*36.8.1. Tipologie*

I tipi di membrane base di elastomeri e di plastomeri sono:
- membrane in materiale elastomerico senza armatura (si definisce *materiale elastomerico* un materiale che sia fondamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione (per esempio gomma vulcanizzata);
- membrane in materiale elastomerico dotate di armatura (si definisce *materiale elastomerico* un materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego, ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione, come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate;
- membrane in materiale plastomerico flessibile senza armatura;
- membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico rigido (per esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);

- membrame polimeriche a reticolazione posticipata (per esempio polietilene clorosolfanato) dotate di armatura;
- membrane polimeriche accoppiate (membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione o altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, quando la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante ha importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove devono essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore).

*36.8.2. Classi di utilizzo*

Le classi di utilizzo delle membrane base di elastomeri e di plastomeri sono le seguenti:
- classe A: membrane adatte per condizioni eminentemente statiche del contenuto (per esempio bacini, dighe, sbarramenti, ecc.);
- classe B: membrane adatte per condizioni dinamiche del contenuto (per esempio canali, acquedotti, ecc.);
- classe C: membrane adatte per condizioni di sollecitazioni meccaniche particolarmente gravose, concentrate o no (per esempio fondazioni, impalcati di ponti, gallerie, ecc);
- classe D: membrane adatte anche in condizioni di intensa esposizione agli agenti atmosferici e/o alla luce;
- classe E: membrane adatte per impieghi in presenza di materiali inquinanti e/o aggressivi (per esempio discariche, vasche di raccolta e/o decantazione, ecc.);
- classe F: membrane adatte per il contatto con acqua potabile o sostanze di uso alimentare (per esempio acquedotti, serbatoi, contenitori per alimenti, ecc.).

Nell'utilizzo delle membrane polimeriche per impermeabilizzazione, possono essere necessarie anche caratteristiche comuni a più classi.

*36.8.3. Accettazione*

Le membrane a base di elastomeri e di plastomeri devono rispettare le caratteristiche previste dalle varie parti della norma **UNI 8898**, anche se attualmente ritirata senza sostituzione.

*36.1. Membrana prefabbricata bituminosa*

Membrana realizzata mediante fogli prefabbricati bituminosi, spessore minimo 4 mm, armata con tessuto non tessuto o fibra di poliestere e ricoperta o meno di scaglie di ardesia, peso 4.5 kg/mq.
La membrana è costituita da mescola di bitume distillato modificato con polimeri plastomerici, tipo Poliestere, con massa areica 4-4.5kg/mq, spessore 4mm (EN 1849-1), carico a rottura longitudinale 850N, trasversale 650N (EN 12311-1), allungamento massimo a rottura long. e trasv 40% (EN 12311-1), flessibilità a freddo -15°C (EN 1109). La membrana va incollata sfiammando la parte coperta con un film di polietilene a mezzo di un cannello a gas propano, sopra lo strato di diffusione così da realizzare una posa in semi-indipendenza oppure
“per punti” realizzando le giunzioni longitudinali di almeno 10cm e di testa di 15cm, racchiusi a cucchiaiotto, compresi gli eventuali colli di raccordo con le pareti verticali che dovranno risalire per almeno 10cm sopra il livello massimo raggiungibile dalle acque a copertura finita. Nei perimetri e nei punti particolari l’adesione della membrana sarà totale. Posare un secondo strato di membrana impermeabilizzante costituita da mescola di bitume distillato modificato con polimeri plastomerici, autoprotetta con scaglie di ardesia di colore a scelta della direzione lavori, con massa areica 4,5 kg/mq, carico a rottura long. 700N, trasv. 600 N (EN 12311-1), allungamento massimo a rottura long. e trasv 40% (EN 12311-1), flessibilità a freddo -15°C (EN 1109). La membrana verrà incollata in totale aderenza, a teli sfalsati di 50cm rispetto al primo strato, sfiammando la parte coperta con un film di polietilene a mezzo di un cannello a gas propano, con i giunti di sormonta longitudinale sovrapposti di almeno 10cm e trasversali di 15cm racchiusi a cucchiaiotto, compresi gli eventuali colli di raccordo con le pareti verticali che dovranno risalire per almeno 20cm sopra il livello massimo raggiungibile dalle acque a copertura finita. Applicare un fissativo trasparente per le scaglie di ardesia a base di resine stiroloacliriche in emulsione acquosa altamente tenace e resistente alle radiazioni ultraviolette,con massa volumica umida: 1,3kg/dmc; residuo secco: 48%, steso a spruzzo con o senza aria in ragione di almeno 300g/mq.

*36.2. Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste*

I prodotti forniti solitamente sotto forma di liquidi o paste destinati principalmente a realizzare strati di tenuta

all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana), a seconda del materiale costituente, devono rispondere alle caratteristiche e ai valori di limiti di riferimento normalmente applicati. Quando non sono riportati limiti, si intendono validi quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettati dalla direzione dei lavori.

### *36.2.1. Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni*

I bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) devono rispondere ai limiti specificati, per i diversi tipi, alle prescrizioni delle seguenti norme:
**UNI 4157** - *Edilizia. Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni. Campionamento e limiti di accettazione*;
**UNI SPERIMENTALE 4163** - *Impermeabilizzazione delle coperture. Bitumi da spalmatura. Determinazione dell'indice di penetrazione dei bitumi*.

**Tabella 36.1. Caratteristiche dei bitumi da spalmatura**

| Indicazione per la designazione | Penetrazione a 25 °C (dmm/min) | Punto di rammollimento (palla anello °C /min) |
|---|---|---|
| 0 | 40 | 55 |
| 15 | 35 | 65 |
| 25 | 20 | 80 |

### *36.3. Malta bicomponente elastica a base cementizia*

Sono malte bicomponenti a base di leganti cementizi, aggregati selezionati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa. L'impasto ottenuto, scorrevole facilmente, è applicabile anche in verticale fino a 2 mm di spessore in una sola mano.
Sul primo strato di bicompente deve essere stesa una rete costituita da fibre di vetro trattate con uno speciale appretto che conferisce resistenza agli alcali e inoltre promuove l'adesione con tutti i prodotti utilizzati per l'impermeabilizzazione e la rasatura; a indurimento avvenuto della rasatura o dello strato impermeabilizzante, la rete di vetro costituisce un'armatura che evita la formazione di fessurazioni dovute a movimenti del supporto o della superficie piastrellata. Inoltre, serve a facilitare anche l'applicazione di uno spessore uniforme di circa 2 mm della rasatura e migliorare le resistenze agli sbalzi termici e all'abrasione del sistema. La rete di vetro deve essere completamente annegata nello spessore dello strato impermeabilizzante o delle rasature. I teli adiacenti di rete in fibra di vetro dovranno essere sovrapposti lungo i bordi per uno spessore di almeno 5-10 cm.
La posa in opera deve rispettare le precise indicazioni del produttore e le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.
Il prodotto impermeabilizzante può essere impiegato per:
- impermeabilizzazione di vasche in calcestruzzo per il contenimento delle acque;
- impermeabilizzazione di bagni, docce, balconi, terrazze, piscine, ecc. prima della posa di rivestimenti ceramici;
- impermeabilizzazione di superfici in cartongesso, intonaci o cementizi, blocchi di cemento alleggerito, multistrato marino;
- rasatura elastica di strutture in calcestruzzo con sezioni sottili anche soggette a piccole deformazioni sotto carico (per esempio pannelli prefabbricati);
- protezione di intonaci o calcestruzzi che presentano delle fessurazioni causate da fenomeni di ritiro, contro la penetrazione dell'acqua e degli agenti aggressivi presenti nell'atmosfera;
- protezione, dalla penetrazione dell'anidride carbonica, di pile e impalcati in calcestruzzo e di strutture che presentano uno spessore di copriferro inadeguato;
- protezione di superfici in calcestruzzo che possono venire a contatto con l'acqua di mare, i sali disgelanti come il cloruro di sodio e di calcio e i sali solfatici.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 1504-2** - *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 2: Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo*;
**UNI EN 1504-9** - *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 9: Principi generali per l'utilizzo dei*

*prodotti e dei sistemi*.

## Art. 37. **Vetri**

### *37.1. Generalità*

Si definiscono *prodotti di vetro* quelli che sono ottenuti dalla trasformazione e lavorazione del vetro. Essi si dividono nelle seguenti principali categorie:
- lastre piane;
- vetri pressati;
- prodotti di seconda lavorazione.

Per le definizioni rispetto ai metodi di fabbricazione, alle loro caratteristiche, alle seconde lavorazioni, nonché per le operazioni di finitura dei bordi, si fa riferimento alle norme UNI. Le modalità di posa sono trattate negli articoli relativi alle vetrazioni e ai serramenti.

### *37.2. Campioni*

L'appaltatore dovrà fornire almeno due campioni di ciascun tipo di vetro da impiegare. Tali campioni dovranno essere approvati dalla direzione dei lavori, che può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

### *37.3. Prescrizioni di carattere particolare*

I tipi di vetro, la composizione e le dimensioni delle lastre sono indicati sugli elaborati progettuali allegati.
Per ogni tipo di vetrata l'appaltatore dovrà precisare i seguenti dati caratteristici:
- percentuale di trasmissione della luce solare dall'esterno verso l'interno, percepita dall'occhio umano;
- percentuale dell'energia solare riflessa direttamente all'esterno;
- fattore solare;
- coefficiente globale medio di trasmissione termica.

Per le vetrate con intercapedine, si richiede una dettagliata relazione sulla composizione del giunto proposto, in funzione dello stress termico che interviene sulle lastre parzialmente soleggiate e sulle deformazioni prevedibili.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 7143** - *Vetri piani. Spessore dei vetri piani per vetrazioni in funzione delle loro dimensioni, dell'azione del vento e del carico neve*;
**UNI 6534-74** - *Vetrazioni in opere edilizie. Progettazione, materiali e posa in opera*;
**UNI 7143-72** - *Vetri piani. Spessore dei vetri piani per vetrazioni in funzione delle loro dimensioni, dell'azione del vento e del carico neve*;
**UNI 7697** - *Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie*.

### *37.4. Vetri di sicurezza*

#### *37.4.1. Vetri piani temprati*

I vetri piani temprati sono quelli trattati termicamente o chimicamente in modo da indurre negli strati superficiali tensioni permanenti. Riguardo alle dimensioni e alle relative tolleranze, ai metodi di prova e ai i limiti di accettazione dei vetri piani temprati da usare nell'edilizia, si rinvia alla norma **UNI** 7142. La norma si applica ai vetri piani in lastre monolitiche temprate termicamente nelle loro dimensioni e forme d'impiego (vedere **UNI EN 572-1**). La norma non considera i vetri temprati chimicamente. I vetri temprati non sono consigliati per impieghi ove ci sia pericolo di caduta nel vuoto.

NORMA DI RIFERIMENTO
**UNI 7142** - *Vetri piani. Vetri temprati per edilizia e arredamento.*

### *37.4.2. Vetri piani stratificati*

I vetri piani stratificati sono quelli formati da due o più lastre di vetro e uno o più strati interposti di materia plastica che incollano tra loro le lastre di vetro per l'intera superficie. L'elemento intercalare può anche fornire prestazioni aggiuntive al prodotto finito, per esempio resistenza agli urti, resistenza al fuoco, controllo solare, isolamento acustico.

Lo spessore complessivo della lastra di vetro varia in base al numero e allo spessore delle lastre costituenti, compreso lo spessore intercalare. Gli intercalari possono essere:

- chiari o colorati;
- trasparenti, traslucidi o opachi;
- rivestiti.

Riguardo alla composizione, possono differire per:

- composizione e tipo di materiale;
- caratteristiche meccaniche;
- caratteristiche ottiche.

I vetri stratificati, in base alla loro resistenza alle sollecitazioni meccaniche, si dividono in:

- stratificati per sicurezza semplice;
- stratificati antivandalismo;
- stratificati anticrimine;
- stratificati antiproiettile.

I prodotti o fogli intercalari devono rispondere alle norme eventuali vigenti per lo specifico prodotto.

Per le altre caratteristiche si deve fare riferimento alle norme seguenti:

- i vetri piani stratificati per sicurezza semplice devono rispondere alla norma **UNI EN ISO 12543-2**;
- i vetri piani stratificati antivandalismo ed anticrimine devono rispondere rispettivamente alla norma **UNI EN ISO 12543-2**, **UNI EN 356** e **UNI EN 1063**;
- i vetri piani stratificati antiproiettile devono rispondere alla norma **UNI EN ISO 12543-2**.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN ISO 12543-1** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Definizioni e descrizione delle parti componenti*;

**UNI EN ISO 12543-2** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato di sicurezza*;

**UNI EN ISO 12543-3** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato*;

**UNI EN ISO 12543-4** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Metodi di prova per la durabilità*;

**UNI EN ISO 12543-5** - *Vetro per edilizia, Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Dimensioni e finitura dei bordi*;

**UNI EN ISO 12543-6** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Aspetto*;

**UNI EN 356** - *Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale*;

**UNI EN 1063** - *Vetrate di sicurezza. Classificazione e prove di resistenza ai proiettili*;

**UNI EN 12600** - *Prova del pendolo. Metodo della prova di impatto e classificazione per vetro piano*;

**UNI EN 13541** - *Vetro di sicurezza. Prove e classificazione della resistenza alla pressione causata da esplosioni*.

## *37.5. Vetri piani uniti al perimetro (o vetrocamera)*

I vetri piani uniti al perimetro (o vetrocamera) sono quelli costituiti da due lastre di vetro tra loro unite lungo il perimetro, solitamente con interposizione di un distanziatore, a mezzo di adesivi o altro, in modo da formare una o più intercapedini contenenti aria o gas disidratati.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 7144** - *Vetri piani. Isolamento termico*;

**UNI EN 12758** - *Vetro per edilizia. Vetrazioni e isolamento acustico per via aerea. Descrizioni del prodotto e determinazione delle proprietà*;

**UNI EN 1279-1** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 1: Generalità, tolleranze dimensionali e regole per la descrizione del sistema*;
**UNI EN 1279-2** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 2: Metodo per la prova di invecchiamento e requisiti per la penetrazione del vapore d'acqua*;
**UNI EN 1279-3** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 3: Prove d'invecchiamento e requisiti per la velocità di perdita di gas e per le tolleranze di concentrazione del gas*;
**UNI EN 1279-4** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 4: Metodo di prova per le proprietà fisiche delle sigillature del bordo*;
**UNI EN 1279-5** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 5: Valutazione della conformità*;
**UNI EN 1279-6** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 6: Controllo della produzione in fabbrica e prove periodiche.*

## Art. 38. **Infissi in metallo**

### *38.1. Definizioni*

Si definiscono *infissi* gli elementi edilizi aventi la funzione principale di regolare il passaggio di persone, animali, oggetti e sostanze liquide o gassose tra spazi interni ed esterni dell'organismo edilizio o tra ambienti diversi dello spazio interno.
Il *serramento*, invece, è definito come l'elemento tecnico con la funzione principale di regolare in modo particolare il passaggio di persone, animali, oggetti e sostanze liquide o gassose, energia, aria, ecc.
Essi si dividono in elementi fissi (cioè luci fisse non apribili) e serramenti (cioè con parti apribili). Gli infissi si dividono, a loro volta, in porte, finestre e schermi.
I meccanismi di apertura e chiusura degli infissi devono essere facilmente manovrabili e percepibili e le parti mobili devono poter essere usate esercitando una lieve pressione.
Per la terminologia specifica dei singoli elementi e delle loro parti funzionali in caso di dubbio si fa riferimento alla norma **UNI 8369** (varie parti).

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 7895** - *Disegni tecnici. Designazione simbolica del senso di chiusura e delle facce delle porte, finestre e persiane*;
**UNI 8369-1** - *Edilizia. Chiusure verticali. Classificazione e terminologia*;
**UNI 8369-2** - *Edilizia. Pareti perimetrali verticali. Classificazione e terminologia*;
**UNI 8369-3** - *Edilizia. Chiusure verticali. Classificazione e terminologia dei serramenti esterni verticali*;
**UNI 8369-4** - *Edilizia. Chiusure verticali. Classificazione e terminologia degli schermi*;
**UNI 8369-5** - *Edilizia. Chiusure verticali. Giunto tra pareti perimetrali verticali e infissi esterni. Terminologia e simboli per le dimensioni*;
**UNI 8370** - *Edilizia. Serramenti esterni. Classificazione dei movimenti di apertura delle ante.*

### *38.2. Campioni*

L'appaltatore dovrà esibire un campione di ogni tipologia di ogni infisso della fornitura ai fini dell'approvazione da parte della direzione dei lavori.
Il campione di infisso deve essere limitato a un modulo completo di telaio, parte apribile e cerniere, meccanismi di chiusura, comandi, accessori e guarnizioni. Resta inteso che i manufatti che saranno consegnati in cantiere dovranno essere tassativamente uguali ai campioni approvati dal direttore dei lavori, comprese le anodizzazioni e/o le verniciature.
L'appaltatore deve consegnare l'attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni contrattuali e alle normative vigenti.

### *38.3. Tipologie dei serramenti di progetto*

La tipologia dei serramenti, il sistema di apertura, le dimensioni (in mm) e il meccanismo di chiusura sono quelli indicati negli elaborati progettuali.

*38.4. Marcatura CE*

Il marchio CE non riguarda la posa in opera. L'attestazione obbligatoria deve riguardare almeno i seguenti requisiti (**UNI EN 14351-1**):
- tenuta all'acqua, mediante la prova in laboratorio (norma **UNI EN 1027**);
- permeabilità all'aria, mediante la prova in laboratorio (norma **UNI EN 1026**);
- resistenza al vento, mediante prova in laboratorio (norma **UNI EN 12211**);
- resistenza termica, mediante il procedimento di calcolo indicato dalla norma **UNI EN ISO 10077-**1 oppure **10077-2** o in alternativa con la prova in laboratorio (norma **UNI EN ISO 12657-1**);
- prestazione acustica, mediante procedimento di calcolo o, in alternativa, con la prova in laboratorio (norma **UNI EN ISO 140-3**);
- emissione di sostanze dannose verso l'interno del locale;
- resistenza all'urto.

Le tipologie di serramenti più importanti con l'obbligo della marcatura CE sono le seguenti:
- porte per uso esterno a esclusivo uso dei pedoni (a una o due ante; con pannelli laterali e/o sopraluce);
- porte destinate a uscita di sicurezza con maniglioni antipanico;
- finestre (uso esterno) a una e due ante (incluso le guarnizioni di tenuta alle intemperie);
- porte finestre (uso esterno) a una e due ante (incluso le guarnizioni di tenuta alle intemperie);
- finestre scorrevoli orizzontali;
- finestre francesi;
- finestre da tetto con o senza materiali antifiamma;
- porte blindate per uso esterno;
- porte automatiche (con radar) motorizzate;
- tutti i prodotti che possono essere in versione manuale o motorizzata;
- tutti i prodotti che possono essere ciechi, parzialmente o totalmente vetrati;
- tutti i prodotti che possono essere assemblati in due o più unità.

NORMA DI RIFERIMENTO

**UNI EN 14351-1** - *Finestre e porte. Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali. Parte 1: Finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e/o di tenuta al fumo.*

*38.5. Documentazione da fornire al direttore dei lavori*

L'appaltatore è obbligato a fornire al direttore dei lavori la documentazione rilasciata dal produttore riguardante:
- dichiarazione di conformità a norma dei prodotti forniti;
- istruzioni di installazione del prodotto;
- istruzioni sull'uso e sulla manutenzione dei prodotti;
- marcatura CE.

*38.6. Forme. Luci fisse*

Le luci fisse devono essere realizzate nella forma, con i materiali e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto. In mancanza di prescrizioni (o in presenza di prescrizioni limitate), si intende che comunque devono - nel loro insieme (telai, lastre di vetro, eventuali accessori, ecc.) - resistere alle sollecitazioni meccaniche dovute all'azione del vento o agli urti, garantire la resistenza al vento e la tenuta all'aria e all'acqua.
Quanto richiesto, dovrà garantire anche le prestazioni di isolamento termico, isolamento acustico, comportamento al fuoco e resistenza a sollecitazioni gravose dovute ad attività sportive, atti vandalici, ecc.
Le prestazioni predette dovranno essere garantite con limitato decadimento nel tempo.
Il direttore dei lavori potrà procedere all'accettazione delle luci fisse mediante i criteri seguenti:
- controllo dei materiali costituenti il telaio, il vetro e gli elementi di tenuta (guarnizioni, sigillanti) più eventuali accessori;
- controllo delle caratteristiche costruttive e della lavorazione del prodotto nel suo insieme e/o dei suoi componenti (in particolare, trattamenti protettivi del legno, rivestimenti dei metalli costituenti il telaio, esatta esecuzione dei giunti, ecc.);
- accettazione di dichiarazioni di conformità della fornitura alle classi di prestazione quali tenuta all'acqua,

all'aria, resistenza agli urti, ecc.
Le modalità di esecuzione delle prove saranno quelle definite nelle relative norme UNI per i serramenti.

### *38.7. Serramenti interni ed esterni*

I serramenti interni ed esterni (finestre, porte-finestre e similari) dovranno essere realizzati seguendo le prescrizioni indicate nei disegni costruttivi. In mancanza di prescrizioni (o in presenza di prescrizioni limitate), si intende che comunque devono, nel loro insieme, essere realizzati in modo da resistere alle sollecitazioni meccaniche e degli agenti atmosferici e contribuire, per la parte di loro spettanza, al mantenimento negli ambienti delle condizioni termiche, acustiche, luminose, di ventilazione, ecc. Lo svolgimento delle funzioni predette deve essere mantenuto nel tempo.
Il direttore dei lavori potrà procedere all'accettazione dei serramenti mediante:
- il controllo dei materiali che costituiscono l'anta e il telaio, i loro trattamenti preservanti e i rivestimenti;
- il controllo dei vetri, delle guarnizioni di tenuta e/o sigillanti e degli accessori;
- il controllo delle caratteristiche costruttive (in particolare, dimensioni delle sezioni resistenti, conformazione dei giunti e connessioni realizzate meccanicamente - viti, bulloni, ecc. - e per aderenza -colle, adesivi, ecc. - e comunque delle parti costruttive che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica, sulla tenuta all'acqua, all'aria, al vento e sulle altre prestazioni richieste.

L'attestazione di conformità dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione fornita dall'appaltatore al direttore dei lavori.

### *38.8. Schermi (tapparelle, persiane, antoni)*

Gli schermi (tapparelle, persiane, antoni) con funzione prevalentemente oscurante dovranno essere realizzati nella forma, con il materiale e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto. In mancanza di prescrizioni o con prescrizioni insufficienti, si intende che comunque lo schermo deve nel suo insieme resistere alle sollecitazioni meccaniche (vento, sbattimenti, ecc.) e agli agenti atmosferici, mantenendo nel tempo il suo funzionamento.
Il direttore dei lavori dovrà procedere all'accettazione degli schermi mediante:
- il controllo dei materiali che costituiscono lo schermo e dei loro rivestimenti;
- il controllo dei materiali costituenti gli accessori e/o gli organi di manovra;
- la verifica delle caratteristiche costruttive dello schermo, principalmente delle dimensioni delle sezioni resistenti, delle conformazioni delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni ecc.) o per aderenza (colle, adesivi ecc.) e comunque delle parti che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica e sulla durabilità agli agenti atmosferici.

Il direttore dei lavori potrà altresì procedere all'accettazione mediante attestazione di conformità della fornitura alle caratteristiche di resistenza meccanica e di comportamento agli agenti atmosferici (corrosioni, cicli con lampade solari, camere climatiche, ecc.). L'attestazione dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione.

### *38.9. Prescrizioni dimensionali e prestazionali per i portatori di handicap*

#### *38.9.1. Porte interne*

La luce netta della porta di accesso di ogni edificio e di ogni unità immobiliare deve essere di almeno 80 cm. La luce netta delle altre porte interne deve essere di almeno 75 cm.
L'altezza delle maniglie deve essere compresa tra gli 85 e i 95 cm (altezza consigliata: 90 cm).
Devono inoltre essere preferite soluzioni per le quali le singole ante delle porte non abbiano larghezza superiore ai 120 cm e gli eventuali vetri siano collocati a una altezza di almeno 40 cm dal piano del pavimento.
L'anta mobile deve poter essere usata esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

#### *38.9.2. Infissi esterni*

L'altezza delle maniglie o dispositivo di comando deve essere compresa tra 100 e 130 cm; consigliata 115 cm.
Nelle finestre lo spigolo vivo della traversa inferiore dell'anta apribile deve essere opportunamente sagomato o protetto per non causare infortuni.

L'anta mobile deve poter essere usata esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

### *38.10. Serramenti in alluminio*

#### *38.10.1. Componenti dei serramenti*

Tutti i componenti dei serramenti della fornitura conforme alle prescrizioni progettuali (telai metallici, accessori, vetrazioni, guarnizioni, schermi, ecc.) devono essere costruiti con caratteristiche che non rilascino sostanze pericolose oltre i limiti ammessi dalle norme sui materiali.

#### *38.10.2. Materiali e norme di riferimento*

---

ALLUMINIO

a) telai:

**UNI EN 573-3** - *Alluminio e leghe di alluminio. Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati. Sistema di designazione sulla base dei simboli chimici*;

**UNI EN 12020-1** - *Alluminio e leghe di alluminio. Profilati di precisione estrusi, di leghe EN AW-6060 e EN AW-6063. Parte 1: Condizioni tecniche di controllo e di fornitura*;

**UNI EN 12020-2** - *Alluminio e leghe di alluminio. Profilati di precisione estrusi di leghe EN AW-6060 e EN AW-6063. Parte 2: Tolleranze dimensionali e di forma*;

**UNI EN 14024** - *Profili metallici con taglio termico. Prestazioni meccaniche. Requisiti, verifiche e prove per la valutazione*.

b) laminati di trafilati o di sagomati non estrusi in alluminio:

**UNI EN 573-3** - *Alluminio e leghe di alluminio. Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati. Sistema di designazione sulla base dei simboli chimici*;

**UNI EN 485-2** - *Alluminio e leghe di alluminio. Lamiere, nastri e piastre. Parte 2: Caratteristiche meccaniche*;

**UNI EN 754-2** - *Alluminio e leghe di alluminio. Barre e tubi trafilati. Tubi estrusi con filiera a ponte, tolleranze*.

c) getti in alluminio:

**UNI EN 1706** - *Alluminio e leghe di alluminio. Getti. Composizione chimica e caratteristiche meccaniche*.

#### *38.10.3. Finitura superficiale dei telai metallici*

La finitura superficiale dei telai metallici dei serramenti dovrà essere priva di difetti visibili a occhio nudo (graffi, colature, rigonfiamenti, ondulazione e altre imperfezioni) a distanza non inferiore a 5 m per gli spazi esterni e a 3 m per gli spazi interni.

La finitura superficiale non deve subire corrosioni o alterazioni di aspetto per un periodo di tempo adeguato alla vita del manufatto e in cantiere deve essere evitato il contatto con sostanze o materiali che possano instaurare fenomeni corrosivi. Il colore deve essere quello previsto dal progetto esecutivo.

In base al tipo di metallo si indicano le seguenti norme di riferimento:

a) alluminio:

**UNI EN 12206-1** - *Pitture e vernici. Rivestimenti di alluminio e di leghe di alluminio per applicazioni architettoniche. Parte 1. Rivestimenti preparati a partire da materiali in polvere*.

#### *38.10.4. Telai e controtelai*

Dai traversi inferiori dei serramenti dovrà essere consentito lo scarico verso l'esterno delle acque meteoriche, evitando riflussi verso l'interno dell'ambiente. Sui traversi dovranno essere presenti opportuni fori di drenaggio in numero e dimensioni sufficienti a garantire l'eliminazione di eventuali condense e infiltrazioni d'acqua dalle sedi dei vetri verso l'esterno.

Tutti i serramenti dovranno essere dotati di coprifili ed eventuali raccordi a davanzale esterno e interno.

### *38.10.5. Accessori*

Tutti gli accessori impiegati per i serramenti devono avere caratteristiche resistenti alla corrosione atmosferica e tali da assicurare al serramento le prescritta resistenza meccanica, la stabilità e la funzionalità per le condizioni d'uso a cui il serramento è destinato.
Gli accessori devono essere compatibili con le superfici con cui devono essere posti a contatto.

### *38.10.6. Guarnizioni*

Le guarnizioni dei serramenti devono garantire le prestazioni di tenuta all'acqua, permeabilità all'aria, isolamento acustico e inoltre devono essere compatibili con i materiali con cui devono venire a contatto.
Le guarnizioni dei giunti apribili devono potere essere facilmente sostituibili e dovranno essere esclusivamente quelle originali.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 12365-1** - *Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue. Parte 1: Requisiti prestazionali e classificazione*;
**UNI EN 12365-2** - *Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue. Parte 2: Metodi di prova per determinare la forza di compressione*;
**UNI EN 12365-3** - *Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue. Parte 3: Metodo di prova per determinare il recupero elastico*;
**UNI EN 12365-4** - *Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue. Parte 4: Metodo di prova per determinare il recupero dopo l'invecchiamento accelerato*.

### *38.10.7. Sigillanti*

I sigillanti impiegati nei serramenti devono garantire le prestazioni di tenuta all'acqua, tenuta all'aria, tenuta alla polvere e la realizzazione della continuità elastica nel tempo. Inoltre, devono essere compatibili con i materiali con cui devono venire a contatto.
I sigillanti non devono corrodere le parti metalliche con cui vengono in contatto.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 9610** - *Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Requisiti e prove*;
**UNI 9611** - *Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Confezionamento*;
**UNI EN 26927** - *Edilizia. Prodotti per giunti. Sigillanti. Vocabolario*;
**UNI EN 27390** - *Edilizia. Sigillanti per giunti. Determinazione della resistenza allo scorrimento*;
**UNI EN 28339** - *Edilizia. Sigillanti per giunti. Determinazione delle proprietà tensili*;
**UNI EN 28340** - *Edilizia. Prodotti per giunti. Sigillanti. Determinazione delle proprietà tensili in presenza di trazione prolungata nel tempo*;
**UNI EN 28394** - *Edilizia. Prodotti per giunti. Determinazione dell'estrudibilità dei sigillanti monocomponenti*;
**UNI EN 29048** - *Edilizia. Prodotti per giunti. Determinazione dell'estrudibilità dei sigillanti per mezzo di un apparecchio normalizzato*.

### *38.10.8. Caratteristiche dei vetri*

I vetri devono rispondere ai requisiti di risparmio energetico, isolamento acustico, controllo della radiazione solare e sicurezza.
La trasmittanza termica non deve essere inferiore ai requisiti richiesti dalla normativa vigente, certificato da un laboratorio ufficiale, in conformità alla norma **UNI EN 410**, in particolare la trasmittanza della sola componente vetrata non deve essere superiore a 1.53 kW/mqK e la trasmittanza termica dell'intero serramento non deve essere superiore a 1.98 kW/mqK
I valori di trasmittanza termica per le principali tipologie di vetri sono quelli previsti dalla norma **UNI EN ISO 1077**.
Le tipologie dei vetri dei serramenti sono quelle indicate negli elaborati progettuali.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 410** - *Vetro per edilizia. Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate*;
**UNI EN ISO 10077-1** - *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti. Calcolo della trasmittanza termica. Parte 1: Generalità*;
**UNI EN ISO 10077-2** - *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Calcolo della trasmittanza termica. Metodo numerico per i telai.*

a) vetri isolanti:
**UNI EN 1279-1** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 1: Generalità, tolleranze dimensionali e regole per la descrizione del sistema*;
**UNI EN 1279-2** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 2: Metodo per la prova di invecchiamento e requisiti per la penetrazione del vapore d'acqua*;
**UNI EN 1279-3** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 3: Prove d'invecchiamento e requisiti per la velocità di perdita di gas e per le tolleranze di concentrazione del gas*;
**UNI EN 1279-4** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 4: Metodo di prova per le proprietà fisiche delle sigillature del bordo*;
**UNI EN 1279-5** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 5: Valutazione della conformità*;
**UNI EN 1279-6** - *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 6: Controllo della produzione in fabbrica e prove periodiche.*

b) vetro di silicato sodo-calcico:
**UNI EN 572-1** - *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Definizione e proprietà generali fisiche e meccaniche*;
**UNI EN 572-2** - *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Parte 2: Vetro float*;
**UNI EN 572-5** - *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro stampato*;
**UNI EN 572-4** - *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro tirato.*

c) vetro profilato armato e non armato
**UNI EN 572-3** - *Vetro per edilizia. Prodotti di base di vetro di silicati sodo-calcico. Parte 3: Vetro lustro armato*;
**UNI EN 572-6** - *Vetro per edilizia. Prodotti di base di vetro di silicato sodo-calcico. Parte 6: Vetro stampato armato*;
**UNI EN 572-7** - *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro profilato armato e non armato.*

d) vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza:
**UNI EN ISO 12543-1** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Definizioni e descrizione delle parti componenti*;
**UNI EN ISO 12543-2** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato di sicurezza*;
**UNI EN ISO 12543-3** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato*;
**UNI EN ISO 12543-4** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Metodi di prova per la durabilità*;
**UNI EN ISO 12543-5** - *Vetro per edilizia, Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Dimensioni e finitura dei bordi*;
**UNI EN ISO 12543-6** - *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Aspetto.*

e) vetro rivestito:
**UNI EN 1096-1**- *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Definizione e classificazione*;
**UNI EN 1096-2** - *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Requisiti e metodi di prova per rivestimenti di classe A, B e S*;
**UNI EN 1096-3** - *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Requisiti e metodi di prova per rivestimenti di classe C e D*;
**UNI EN 1096-4** - *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Parte 4: Valutazione della conformità/Norma di prodotto.*

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 12086** - *Isolanti termici per edilizia. Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo*;
**UNI EN 12087** - *Isolanti termici per edilizia. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a lungo termine: prova attraverso immersione*;
**UNI EN 12088** - *Isolanti termici per edilizia. Determinazione dell'assorbimento d'acqua per diffusione per lungo periodo.*

### *38.11. Porte e chiusure resistenti al fuoco*

#### *38.11.1. Generalità*

Gli elementi di chiusura resistenti al fuoco comprendono:
- porte su perni e su cardini;
- porte scorrevoli orizzontalmente e verticalmente, incluse le porte articolate scorrevoli e le porte sezionali;
- porte a libro in acciaio, monolamiera (non coibentate);
- porte scorrevoli a libro;
- porte basculanti;
- serrande avvolgibili.

Per assicurare la tenuta al fumo le porte tagliafuoco devono essere corredate da guarnizioni etumescenti.

#### *38.11.2. Valutazione delle caratteristiche*

La valutazione delle caratteristiche, delle prestazioni, nonché le modalità di redazione del rapporto di prova in forma completa di porte ed elementi di chiusura resistenti al fuoco, si effettua secondo quanto specificato nella norma **UNI EN 1634-1** e, per quanto da essa richiamato, nelle norme **UNI EN 1363-1** e **UNI EN 1363-2**.
La valutazione delle prestazioni, da effettuare tramite la prova a fuoco secondo la curva di riscaldamento prevista dalla **UNI EN 1363-1**, va condotta previo il condizionamento meccanico previsto al punto 10.1.1, comma a), della norma **UNI EN 1634-1**. Il condizionamento meccanico deve essere eseguito secondo quanto descritto nell'allegato A al **D.M. 20 aprile 2001**.
Salvo diversa indicazione dei decreti di prevenzione incendi, la classe di resistenza al fuoco richiesta per porte e altri elementi di chiusura con la terminologia RE e REI è da intendersi, con la nuova classificazione, equivalente rispettivamente a E e a EI2. Laddove sia prescritto l'impiego di porte e altri elementi di chiusura classificati E ed EI2, potranno essere utilizzate porte omologate con la classificazione RE e REI, nel rispetto di tutte le condizioni previste dal **D.M. 20 aprile 2001**.

#### *38.11.3. Classificazione delle porte resistenti al fuoco*

Il sistema di classificazione adottato per le porte resistenti al fuoco è qui di seguito illustrato.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 |
| $EI_1$ | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 |
| $EI_2$ | 15 | 20 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 |
| EW | - | 20 | 30 | - | 60 | - | - | - | - |

Il requisito di tenuta *E* è l'attitudine di una porta o altro elemento di chiusura a non lasciar passare né produrre, se sottoposto all'azione dell'incendio su un lato, fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto.
La perdita del requisito *E* si ha al verificarsi di uno dei seguenti fenomeni:
- aperture di fessure passanti superiori a fissate dimensioni (punto 10.4.5.3 della norma **UNI EN 1363-1**);
- accensione di un batuffolo di cotone posto ad una distanza di 30 mm per un massimo di 30 s (punto 10.4.5.2 della norma **UNI EN 1363-1**) su tutta la superficie;
- presenza di fiamma persistente sulla faccia non esposta.

Il requisito di isolamento *I* è l'attitudine di una porta o altro elemento di chiusura a ridurre entro un dato limite la trasmissione del calore dal lato esposto all'incendio al lato non esposto.
La perdita del requisito di tenuta significa anche perdita del requisito di isolamento, sia che il limite specifico di temperatura sia stato superato o meno.

Sono previsti due criteri di isolamento:
- isolamento I1;
- isolamento I2.

ISOLAMENTO I1
Si considera che l'elemento in prova perde l'isolamento termico al verificarsi del primo dei seguenti fenomeni:
- l'aumento della temperatura media sulla faccia non esposta supera i 140 °C (punto 9.1.2.2 della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura su ogni punto dell'anta, con esclusione della zona entro 25 mm dal bordo visibile o foro di passaggio, supera i 180 °C (punto 9.1.2.4 lettera b) della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura sul telaio supera i 180 °C a una distanza di 100 mm dal foro di passaggio se il telaio è più largo di 100 mm o alla massima distanza possibile se il telaio è inferiore o uguale a 100 mm (punto 9.1.2.3 lettera b) della norma **UNI EN 1634-1**).

ISOLAMENTO I2
Si considera che l'elemento in prova perde l'isolamento termico al verificarsi del primo dei seguenti fenomeni:
- l'aumento della temperatura media sulla faccia non esposta supera i 140 °C (punto 9.1.2.2 della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura su ogni punto dell'anta, con esclusione della zona entro 100 mm dal bordo visibile o foro di passaggio, supera i 180 °C (punto 9.1.2.3 lettera c) della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura sul telaio supera i 360 °C a una distanza di 100 mm dal foro di passaggio se il telaio è più largo di 100 mm o alla massima distanza possibile se il telaio è inferiore o uguale a 100 mm (punto 9.1.2.3 lettera b) della norma **UNI EN 1634-1**).

Il requisito di irraggiamento *W* è l'attitudine di una porta o altro elemento di chiusura a resistere all'incendio agente su una sola faccia, riducendo la trasmissione di calore radiante sia ai materiali costituenti la superficie non esposta sia ad altri materiali o a persone a essa adiacenti.
Una porta o altro elemento di chiusura che soddisfa i criteri di isolamento I1 o I2 si ritiene che soddisfi anche il requisito di irraggiamento *W* per lo stesso tempo. La perdita del requisito di tenuta *E* significa automaticamente perdita del requisito di irraggiamento *W*.

### *38.11.4. Omologazione*

Le porte e altri elementi di chiusura da impiegarsi nelle attività soggette alle norme di prevenzione incendi devono essere omologati.
Per *omologazione* si intende l'atto conclusivo attestante il corretto espletamento della procedura tecnico-amministrativa illustrata nel presente decreto, finalizzata al riconoscimento dei requisiti certificati delle porte resistenti al fuoco. Con tale riconoscimento è autorizzata la riproduzione del prototipo e la connessa immissione in commercio di porte resistenti al fuoco omologate, con le variazioni consentite dalla norma **UNI EN 1634-1** nel campo di applicazione diretta del risultato di prova, integrate dalle variazioni riportate nell'allegato C al **D.M. 20 aprile 2001**.
Per *prototipo* si intende il campione, parte del campione medesimo e/o la documentazione idonea alla completa identificazione e caratterizzazione della porta omologata, conservati dal laboratorio che rilascia il certificato di prova.
Per *porta omologata* si intende la porta o altro elemento di chiusura per il quale il produttore ha espletato la procedura di omologazione.
Per *produttore* della porta resistente al fuoco si intende il fabbricante residente in uno dei paesi dell'Unione europea, ovvero in uno dei paesi costituenti l'accordo SEE, nonché ogni persona che, apponendo il proprio nome, marchio o segno distintivo sulla porta resistente al fuoco, si presenti come rappresentante autorizzato dallo stesso, purché residente in uno dei paesi dell'Unione europea, ovvero in uno dei paesi costituenti l'accordo SEE.
Per *certificato di prova* si intende il documento, rilasciato dal laboratorio o da un organismo di certificazione, con il quale, sulla base dei risultati contenuti nel rapporto di prova, si certifica la classe di resistenza al fuoco del campione sottoposto a prova.

Per *rapporto di prova* si intende il documento, rilasciato dal laboratorio a seguito della prova, riportante quanto indicato al punto 12 della norma **UNI EN 1634-1** e al punto 12.1 della norma **UNI EN 1363-1**.
L'omologazione decade automaticamente se la porta resistente al fuoco subisce una qualsiasi modifica non prevista nell'atto di omologazione.

### *38.11.5. Documentazione tecnica che il produttore deve allegare ad ogni fornitura*

Il produttore, per ogni fornitura di porte resistenti al fuoco, deve allegare la seguente documentazione tecnica:
- copia dell'atto di omologazione della porta;
- dichiarazione di conformità alla porta omologata;
- libretto di installazione, uso e manutenzione.

#### DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

Per *dichiarazione di conformità* si intende la dichiarazione, rilasciata dal produttore, attestante la conformità della porta resistente al fuoco alla porta omologata e contenente, tra l'altro, i seguenti dati:
- nome del produttore;
- anno di costruzione;
- numero progressivo di matricola;
- nominativo del laboratorio e dell'organismo di certificazione se diversi;
- codice di omologazione;
- classe di resistenza al fuoco.

Con la dichiarazione di conformità, il produttore si impegna a garantire comunque la prestazione certificata, quali che siano le modifiche apportate alla porta resistente al fuoco tra quelle consentite nell'atto di omologazione.

#### MARCHIO DI CONFORMITÀ

Per *marchio di conformità* si intende l'indicazione permanente e indelebile apposta dal produttore sulla porta resistente al fuoco, contenente almeno il numero progressivo di matricola e il codice di omologazione.
Il marchio di conformità deve essere applicato dal produttore sulla porta resistente al fuoco.

#### LIBRETTO DI INSTALLAZIONE, USO E MANUTENZIONE

Per *libretto di installazione, uso e manutenzione* si intende il documento, allegato a ogni singola fornitura di porte resistenti al fuoco, che riporta, come minimo, i seguenti contenuti:
- modalità e avvertenze d'uso;
- periodicità dei controlli e delle revisioni con frequenza almeno semestrale;
- disegni applicativi esplicativi per la corretta installazione, uso e manutenzione della porta;
- avvertenze importanti a giudizio del produttore.

### *38.12. Norme di riferimento*

**D.M. 14 dicembre 1993** - *Norme tecniche e procedurali per la classificazione di resistenza al fuoco e omologazione di porte e altri elementi di chiusura*;
**D.M. 27 gennaio 1999** - *Resistenza al fuoco di porte e altri elementi di chiusura. Prove e criteri di classificazione*;
**D.M. 20 aprile 2001** - *Utilizzazione di porte resistenti al fuoco di grandi dimensioni*;
**D.M. 21 giugno 2004** - *Norme tecniche e procedurali per la classificazione di resistenza al fuoco e omologazione di porte e altri elementi di chiusura*;
**UNI EN 1634-1** - *Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi. Parte 1: Prove di resistenza al fuoco per porte e sistemi di chiusura e finestre apribili*;
**UNI EN 1634-3** - *Prove di resistenza al fuoco per porte ed elementi di chiusura. Porte e chiusure a tenuta fumo*;

**UNI EN 1634-3** - *Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi. Parte 3: Prove di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura*;
**UNI EN 1363-1** - *Prove di resistenza al fuoco. Requisiti generali*;
**UNI EN 1363-2** - *Prove di resistenza al fuoco. Procedure alternative e aggiuntive*;
**UNI ENV 1363-3** - *Prove di resistenza al fuoco. Verifica della prestazione del forno*.

- elementi verniciati:
**UNI 8456** - *Prodotti combustibili suscettibili di essere investiti dalla fiamma su entrambe le facce. Reazione al fuoco mediante applicazione di una piccola fiamma*;
**UNI 8457** - *Prodotti combustibili suscettibili di essere investiti dalla fiamma su una sola faccia. Reazione al fuoco mediante applicazione di una piccola fiamma*;
**UNI 9174** - *Reazione al fuoco dei prodotti sottoposti all'azione di una fiamma d'innesco in presenza di calore radiante*;
**UNI EN ISO 1182** - *Prove di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione. Prova di non combustibilità.*

## Art. 39. **Prodotti per isolamento termico**

### *39.1. Generalità*

I prodotti per l'isolamento termico dell'edificio devono essere conformi alle prescrizioni progettuali e riportare la prescritta marcatura come previsto dalle specifiche norme UNI.

### *39.1. Polistirene espanso (PSE)*

Il polistirene espanso è un isolante termico che presenta specifiche proprietà di isolamento acustico da impatto. Per le sue caratteristiche di rigidità dinamica e comprimibilità è particolarmente adatto alla protezione dai rumori d'urto e da calpestio. Il prodotto è consigliato per applicazioni di isolante posto in intercapedine o all'interno.
Il prodotto si può presentare sotto forma di:
- lastre di polistirene espanso sinterizzato (EPS/B);
- lastre di polistirene espanso sinterizzato (EPS/S):
- lastre di polistirene per mezzo di procedimento continuo di estrusione (EPS/E).
La norma **UNI EN 13163** prevede:
- marcatura CE (sistema di attestazione della conformità: 3);
- prove iniziali di tipo (ITT);
- controllo di produzione in fabbrica (FPC), tra cui controllo della rigidità dinamica *s'* (metodo di prova: **EN 29052-1**; frequenza minima di prova: una ogni settimana) e della comprimibilità *c* (metodo di prova: **EN 12431**; frequenza minima di prova: una ogni settimana).
Il polistirolo espanso elasticizzato non necessita di marcatura CE. Il prodotto è utilizzabile per pavimentazioni, pareti, facciate, sottofondazioni, isolamento esterno a cappotto e intercapedine.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 7819** - *Materie plastiche cellulari rigide. Lastre in polistirene espanso per isolamento termico. Tipi, requisiti e prove*;
**UNI EN 13163** - *Isolanti termici per edilizia. Prodotti di polistirene espanso ottenuti in fabbrica. Specificazione*;
**UNI EN 13164** - *Isolanti termici per edilizia. Prodotti di polistirene espanso estruso (XPS) ottenuti in fabbrica. Specificazione*.

### *39.2. Poliuretani e poliisocianurati espansi*

Il poliuretano è un polimero che si ottiene da una reazione esotermica tra un isocianato (MDI, difenilmetildiisocianato, o TDI, toluendiisocianato) e un poliolo (polietere o poliestere). Il prodotto può essere

applicato per colata, spruzzo, spalmatura, iniezione, estrusione, laminazione, poltrusione e roto-moulding.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 8751** - *Materie plastiche cellulari rigide. Poliuretani e poliisocianurati espansi in lastre da blocco. Tipi, requisiti e prove*;
**UNI 9051** - *Materie plastiche cellulari rigide. Pannelli di poliuretano espanso rigido con paramenti flessibili prodotti in continuo Tipi, requisiti e prove*;
**UNI 9564** - *Materie plastiche cellulari rigide. Poliuretani espansi rigidi applicati a spruzzo. Tipi, requisiti e prove.*

### *39.3. Lana minerale*

La norma **UNI EN 13162** specifica i requisiti per i prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica, con o senza rivestimenti, che sono utilizzati per l'isolamento termico degli edifici. Il materiale isolante ha una consistenza simile alla lana, in quanto è fabbricato con rocce fuse, scorie oppure vetro.
I prodotti in lana minerale possono essere sotto forma di rotoli, di feltri o di pannelli.
I prodotti devono essere marcati chiaramente (sul prodotto, sull'etichetta o sull'imballaggio) con le informazioni previste dal punto 8 della norma **UNI EN 13162**.

NORMA DI RIFERIMENTO
**UNI EN 13162** - *Isolanti termici per edilizia. Prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica. Specificazione.*

## Art. 40. **Prodotti per isolamento e assorbimento acustico**

### *40.1. Prodotti per assorbimento acustico*

Si definiscono *materiali assorbenti acustici* (o *materiali fonoassorbenti*) quelli atti a dissipare in forma sensibile l'energia sonora incidente sulla loro superficie e, di conseguenza, a ridurre l'energia sonora riflessa.
Questa proprietà deve essere valutata con il coefficiente di assorbimento acustico ($\alpha_W$), definito dall'espressione:

$$\alpha_W = Wa/Wi$$

dove
*Wi* = energia sonora incidente
*Wa* = energia sonora assorbita.

#### *40.1.1. Classificazione dei materiali*

Sono da considerare assorbenti acustici tutti i materiali porosi a struttura fibrosa o alveolare aperta. A parità di struttura (fibrosa o alveolare), la proprietà fonoassorbente dipende dalla spessore.
I materiali fonoassorbenti si classificano come segue:
- materiali fibrosi:
- minerali (fibra di vetro, fibra di roccia);
- vegetali (fibra di legno o cellulosa, truciolari).
- materiali cellulari minerali:
- calcestruzzi leggeri (a base di pozzolane, perlite, vermiculite, argilla espansa);
- laterizi alveolari;
- prodotti a base di tufo.
- materiali cellulari sintetici:
- poliuretano a celle aperte (elastico-rigido);
- polipropilene a celle aperte.

### *40.1.2. Caratteristiche costruttive*

Per tutti i materiali fonoassorbenti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si devono dichiarare le seguenti caratteristiche fondamentali:

- lunghezza e larghezza: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettate dalla direzione dei lavori;
- spessore: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI oppure specificate negli altri documenti progettuali. In assenza delle prime due, valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettate dalla direzione dei lavori;
- massa areica: deve rientrare nei limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali. In assenza delle prime due, valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettate dalla direzione dei lavori;
- coefficiente di assorbimento acustico: misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte nella norma **UNI EN 354**, deve rispondere ai valori prescritti nel progetto o, in assenza, a quelli dichiarati dal produttore e accettati dalla direzione dei lavori.

Saranno inoltre da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- resistività al flusso d'aria;
- reazione e/o comportamento al fuoco;
- limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

La direzione dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni sopra riportate.

In caso di contestazione, i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI e, in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali o estere).

### *40.1.3. Materiali fonoassorbenti che assumono la forma definitiva in opera*

Per i materiali fonoassorbenti che assumono la forma definitiva in opera, devono essere dichiarate le stesse caratteristiche riferite a un campione significativo di quanto realizzato in opera. La direzione dei lavori deve inoltre attivare controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera, ricorrendo, ove necessario, a carotaggi, sezionamenti, ecc. significativi dello strato eseguito.

Entrambe le categorie di materiali fonoassorbenti devono rispondere a una o più delle caratteristiche di idoneità all'impiego, comprese tra quelle elencate nella tabella 40.1, in relazione alla loro destinazione d'uso (pareti, coperture, contro soffittature, pavimenti, ecc.).

Se i valori non vengono prescritti, valgono quelli proposti dal fornitore e accettati dalla direzione dei lavori.

In caso di contestazione, i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI e, in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali o estere). Per le caratteristiche possedute intrinsecamente dal materiale non sono necessari controlli.

**Tabella 40.1. Caratteristiche di idoneità all'impiego dei materiali fonoassorbenti in relazione alla loro destinazione d'uso**

| **Caratteristica** | **Unità di misura** | **Destinazione d'uso A B C D valori richiesti** |
|---|---|---|
| Comportamento all'acqua: - assorbimento d'acqua per capillarità; - assorbimento d'acqua per immersione %; - resistenza a gelo e a disgelo cicli; - permeabilità vapor d'acqua. | % % cicli μ | (…….) (…….) (…….) (……) |
| Caratteristiche meccaniche: - resistenza a compressione e a carichi di lunga durata; - resistenza a taglio parallelo alle facce; - resistenza a flessione; - resistenza a punzonamento; - resistenza a costipamento. | $N/mm^2$ $N/mm^2$ $N/mm^2$ $N/mm^2$ % | (…….) (…….) (…….) (…….) (…….) |
| Caratteristiche di stabilità: - stabilità dimensionale; - coefficiente di dilatazione lineare; - temperatura limite di esercizio: A =.... B =.... C =.... D =.... | % mm/m °C | (…….) (…….) (……) |

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN ISO 354** - *Acustica. Misura dell'assorbimento acustico in camera riverberante*;
**UNI EN ISO 11654** - *Acustica. Assorbitori acustici per l'edilizia. Valutazione dell'assorbimento acustico*;
**UNI ISO 13472-1** - *Acustica. Misurazione in situ del coefficiente di assorbimento acustico di superfici stradali. Metodo della superficie estesa*;
**UNI EN 12354-6** - *Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi.*

## *40.2. Prodotti per isolamento acustico*

### *40.2.1. Definizioni*

Si definiscono *materiali isolanti acustici* (o *materiali fonoisolanti*) quelli atti a diminuire in forma sensibile la trasmissione di energia sonora che li attraversa. Questa proprietà è valutata con il potere fonoisolante (*R*) definito dalla seguente formula:

$$R = 10 \log Wi/Wt$$

dove
*Wi* = energia sonora incidente
*Wt* = energia sonora trasmessa.
Tutti i materiali comunemente impiegati nella realizzazione di divisori in edilizia devono possedere proprietà fonoisolanti. Per materiali omogenei questa proprietà dipende essenzialmente dalla loro massa areica.
Quando sono realizzati sistemi edilizi compositi (pareti, coperture, ecc.) formate da strati di materiali diversi, il potere fonoisolante di queste strutture dipende, oltre che dalla loro massa areica, dal numero e dalla qualità degli strati, dalle modalità di accoppiamento e dall'eventuale presenza di intercapedini d'aria.

### *40.2.2. Caratteristiche costruttive*

Per tutti i materiali fonoisolanti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si devono dichiarare le seguenti caratteristiche fondamentali:
- dimensioni: lunghezza e larghezza: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI oppure specificate negli altri documenti progettuali. In assenza delle prime due, valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettate dalla direzione dei lavori;
- spessore: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI oppure specificate negli altri documenti progettuali. In assenza delle prime due, valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettate dalla direzione dei lavori;
- massa areica: deve rientrare nei limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali. In assenza delle prime due, valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettate dalla direzione tecnica;
- potere fonoisolante: misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte dalla norma **UNI EN ISO 140-3**, deve rispondere ai valori prescritti nel progetto o, in assenza, a quelli dichiarati dal produttore e accettati dalla direzione dei lavori.

Saranno, inoltre, da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto, le seguenti caratteristiche:
- modulo di elasticità;
- fattore di perdita;
- reazione o comportamento al fuoco;
- limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

La direzione dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni sopra riportate.
In caso di contestazione, i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI e, in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali o estere).

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN ISO 140-1** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 1: Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale*;
**UNI EN ISO 140-3** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 3: Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio*;
**UNI EN ISO 140-4** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti*;
**UNI EN ISO 140-5** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate*;
**UNI EN ISO 140-6** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in laboratorio dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai*;
**UNI EN ISO 140-7** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai*;
**UNI EN ISO 140-8** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edificio. Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato*;
**UNI EN ISO 140-11** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 11: Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio leggero normalizzato*;
**UNI EN ISO 140-12** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico dai rumori trasmessi per via aerea e dal calpestio tra due ambienti attraverso un pavimento sopraelevato*;
**UNI EN ISO 140-14** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 14: Linee guida per situazioni particolari in opera*;
**UNI EN ISO 140-16** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 16: Misurazione in laboratorio dell'incremento del potere fonoisolante mediante rivestimento addizionale*;
**UNI EN ISO 140-18** - *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 18: Misurazione*;
**UNI EN 12354-1** - *Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti*;
**UNI EN 12354-2** - *Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti*;
**UNI EN 12354-3** - *Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea*;
**UNI EN 12354-4** - *Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Trasmissione del rumore interno all'esterno*;
**UNI EN 12354-6** - *Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi*.

#### *40.2.3. Materiali fonoisolanti che assumono la forma definitiva in opera*

Per i materiali fonoisolanti che assumono la forma definitiva in opera devono essere dichiarate le stesse caratteristiche riferite a un campione significativo di quanto realizzato in opera.
La direzione dei lavori deve inoltre attivare i controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera ricorrendo, ove necessario, a carotaggi, sezionamenti, ecc. significativi dello strato realizzato.

## Art. 41. **Apparecchi sanitari**

### *41.1. Terminologia, classificazione e limiti di accettazione*

Sono denominati *apparecchi sanitari* quei prodotti finiti per uso idraulico-sanitario, costituiti da materiale

ceramico, materiali metallici o materie plastiche.
In particolare, per il materiale ceramico sono ammessi solo apparecchi sanitari di prima scelta realizzati con porcellana dura (*vetrous china*) o gres porcellanato (*fire clay*), secondo le definizioni della norma **UNI 4542**.
Gli apparecchi in materiale metallico o ceramico dovranno essere conformi alle seguenti norme UNI per quanto concerne i requisiti di accettazione:
**UNI 4542** - *Apparecchi sanitari. Terminologia e classificazione*;
**UNI 4543-1** - *Apparecchi sanitari di ceramica. Limiti di accettazione della massa ceramica e dello smalto*;
**UNI 4543-2** - *Apparecchi sanitari di ceramica. Prove della massa ceramica e dello smalto.*

### *41.2. Requisiti*

Gli apparecchi sanitari in generale, indipendentemente dalla loro forma e dal materiale costituente, devono soddisfare i seguenti requisiti:
- robustezza meccanica;
- durabilità meccanica;
- assenza di difetti visibili ed estetici;
- resistenza all'abrasione;
- pulibilità di tutte le parti che possono venire a contatto con l'acqua sporca;
- resistenza alla corrosione (per quelli con supporto metallico);
- funzionalità idraulica.

### *41.3. Norme di riferimento*

#### *41.3.1. Lavabi, lavamani e lavelli da cucina*

Le caratteristiche dei lavabi, dei lavamani e dei lavelli da cucina devono rispondere alle seguenti norme:
**UNI EN 14688** - *Apparecchi sanitari. Lavabi. Requisiti funzionali e metodi di prova*;
**UNI EN 13310** - *Lavelli da cucina. Requisiti funzionali e metodi di prova*;
**UNI EN 695** - *Lavelli da cucina. Quote di raccordo*;
**UNI EN 14296** - *Apparecchi sanitari. Lavabi a canale*;
**UNI EN 31** - *Lavabi. Quote di raccordo*;
**UNI EN 32** - *Lavabi sospesi. Quote di raccordo.*

#### *41.3.1. Lavabo canale*

Lavabo a canale stampato in acciaio inox AISI 304, completamente satinato, spessore 10/10. I bordi esterni sono ripiegati all'interno per evitare possibili lesioni contro il filo della lamiera. Fornito con mensole incorporate, con tre fori Ø 31 mm per rubinetto, foro troppopieno. Canale mm 2000 (3 fori per rubinetti).
Raccordo adattatore per piletta, per utilizzare pilette standard da 1"1/4 senza saltarello. E' composto da un tubo corrugato bianco L=320 mm, un inserto per foro troppo pieno con parte a vista in ABS cromato, una ghiera cromata, 2 guarnizioni, un corpo adattatore cromato.

#### *41.3.2. Vasi*

Le caratteristiche dei vasi devono rispondere alle seguenti norme:
**UNI EN 33** - *Vasi a pavimento a cacciata, con cassetta appoggiata. Quote di raccordo*;
**UNI EN 34** - *Vasi sospesi a cacciata, con cassetta appoggiata. Quote di raccordo*;
**UNI EN 37** - *Vasi a pavimento a cacciata, senza cassetta appoggiata. Quote di raccordo*;
**UNI EN 38** - *Vasi sospesi a cacciata, senza cassetta appoggiata. Quote di raccordo*;
**UNI 8196** - *Vasi a sedile ottenuti da lastre di resina metacrilica. Requisiti e metodi di prova;*
**UNI EN 997** - *Apparecchi sanitari. Vasi indipendenti e vasi abbinati a cassetta, con sifone integrato.*

#### *41.3.3. Bidè*

Le caratteristiche dei bidè devono rispondere alle seguenti norme:

**UNI EN 35** - *Bidè appoggiati sul pavimento con alimentazione sopra il bordo. Quote di raccordo*;
**UNI EN 36** - *Bidè sospesi con alimentazione sopra il bordo. Quote di raccordo*;
**UNI EN 14528** - *Bidè. Requisiti funzionali e metodi di prova*;
**UNI 8195** - *Bidè ottenuti da lastre di resina metacrilica. Requisiti e metodi di prova*.

#### *41.3.4. Piatti doccia*

Le caratteristiche dei piatti doccia devono rispondere alle seguenti norme:
**UNI EN 251** - *Piatti doccia. Quote di raccordo*;
**UNI EN 263** - *Specifiche per lastre acriliche colate per vasche da bagno e piatti per doccia per usi domestici*;
**UNI EN 14527** - *Piatti doccia per impieghi domestici*.

### *41.4. Spazi minimi funzionali per gli apparecchi sanitari*

#### *41.4.1. Spazi minimi e misure di sicurezza*

L'installazione degli apparecchi sanitari deve rispettare gli spazi minimi di rispetto previsti dall'appendice O della norma **UNI 9182** - *Edilizia. Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda. Criteri di progettazione, collaudo e gestione*. In particolare:
- lo spazio antistante l'apparecchio sanitario deve essere profondo almeno 55 cm;
- la tazza WC e il bidè devono essere distanti almeno 20 cm;
- la tazza WC, il bidè e il lavandino devono essere distanziati almeno 10 cm;
- il WC deve distare dalla parete laterale almeno 15 cm;
- il bidè deve distare dalla parete laterale almeno 20 cm.

I supporti di fissaggio, a pavimento o a parete, devono garantire la stabilità dell'apparecchio durante il suo uso, soprattutto se di tipo sospeso.
Gli apparecchi metallici devono essere collegati al conduttore di protezione, a sua volta collegato a rete di messa a terra.
Le prese di corrente in prossimità degli apparecchi sanitari devono avere requisiti tali da impedire la folgorazione elettrica.
Gli apparecchi sanitari devono essere idoneamente desolidarizzati in conformità all'appendice P della norma **UNI 9182**.

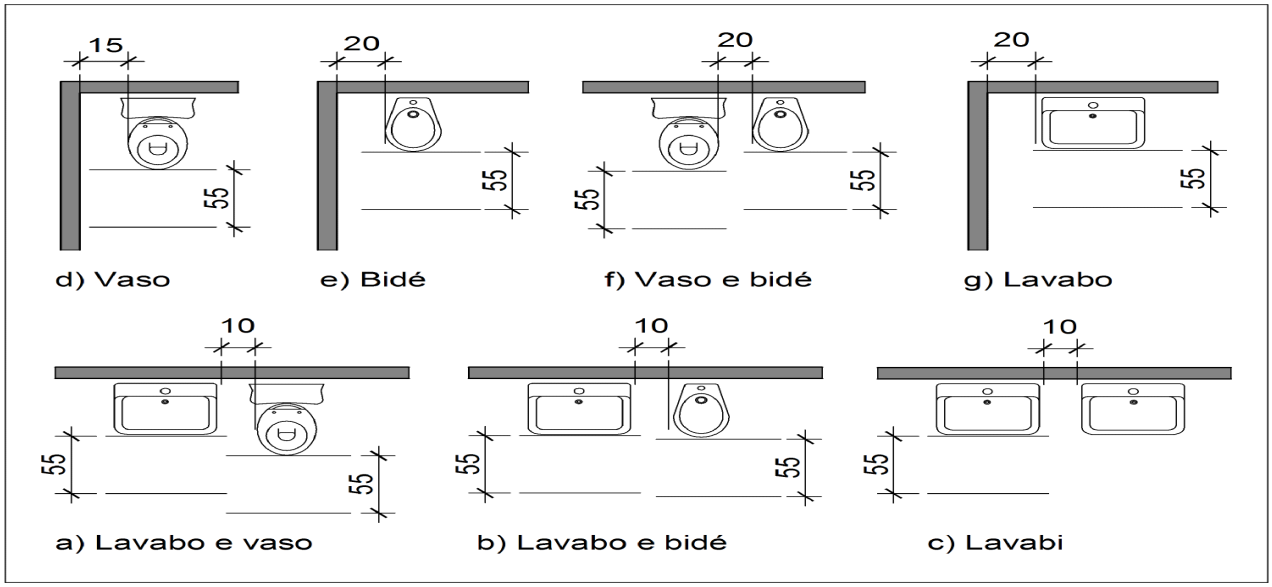

**Figura 41.1**
**Spazi minimi per gli apparecchi sanitari (modificata norma UNI 9182)**

*41.4.2. Spazi minimi per i soggetti portatori di handicap deambulanti e su sedia a ruote*

Per garantire la manovra e l'uso degli apparecchi anche alle persone con impedita capacità motoria, deve essere previsto, in rapporto agli spazi di manovra di cui al punto 8.0.2 del D.M. n. 236/1989, l'accostamento laterale alla tazza WC, bidè, vasca, doccia, lavatrice e l'accostamento frontale al lavabo.
In particolare devono essere rispettati i seguenti spazi minimi funzionali:
- lo spazio necessario all'accostamento e al trasferimento laterale dalla sedia a ruote alla tazza WC e al bidet, ove previsto, deve essere minimo 100 cm misurati dall'asse dell'apparecchio sanitario;
- lo spazio necessario all'accostamento laterale della sedia a ruote alla vasca deve essere minimo di 140 cm lungo la vasca con profondità minima di 80 cm;
- lo spazio necessario all'accostamento frontale della sedia a ruote al lavabo deve essere minimo di 80 cm misurati dal bordo anteriore del lavabo.

*41.4.3. Accorgimenti per la collocazione degli apparecchi sanitari*

Relativamente alle caratteristiche degli apparecchi sanitari, inoltre:
- i lavabi devono avere il piano superiore posto a 80 cm dal calpestio ed essere sempre senza colonna con sifone, preferibilmente del tipo accostato o incassato a parete;
- i WC e i bidè preferibilmente sono di tipo sospeso. In particolare, l'asse della tazza WC o del bidè deve essere posto a una distanza minima di 40 cm dalla parete laterale, il bordo anteriore a 75÷80 cm dalla parete posteriore e il piano superiore a 45÷50 cm dal calpestio.
Qualora l'asse della tazza WC o del bidè sia distante più di 40 cm dalla parete, si deve prevedere, a 40 cm dall'asse dell'apparecchio sanitario, un maniglione o corrimano per consentire il trasferimento. La doccia deve essere a pavimento, dotata di sedile ribaltabile e doccia a telefono.

*41.4.4. Impugnature di sicurezza*

Nei locali igienici deve inoltre essere prevista l'attrezzabilità con maniglioni e corrimano orizzontali e/o verticali in vicinanza degli apparecchi. Il tipo e le caratteristiche dei maniglioni o corrimano devono essere conformi alle specifiche esigenze riscontrabili successivamente all'atto dell'assegnazione dell'alloggio e posti in opera in tale occasione.
Nei servizi igienici dei locali aperti al pubblico è necessario prevedere e installare il corrimano in prossimità della tazza WC, posto ad altezza di 80 cm dal calpestio, e di diametro 3-4 cm. Se fissato a parete, deve essere posto a 5 cm dalla stessa.

*41.4.5. Casi di adeguamento*

Nei casi di adeguamento di edifici nei locali igienici, è consentita l'eliminazione del bidè e la sostituzione della vasca con una doccia a pavimento, al fine di ottenere, anche senza modifiche sostanziali del locale, uno spazio laterale di accostamento alla tazza WC e di definire sufficienti spazi di manovra.

*41.4.6. Visitabilità*

Negli alloggi di edilizia residenziali nei quali è previsto il requisito della visitabilità, il servizio igienico si intende accessibile se è consentito almeno il raggiungimento di una tazza WC e di un lavabo, da parte di persona su sedia a ruote.
Per *raggiungimento dell'apparecchio sanitario* si intende la possibilità di arrivare sino alla diretta prossimità di esso, anche senza l'accostamento laterale per la tazza WC e frontale per il lavabo.

## Art. 42. **Rubinetteria sanitaria**

### *42.1. Categorie*

La rubinetteria sanitaria considerata nel presente articolo è quella appartenente alle seguenti categorie:
- rubinetti singoli, cioè con una sola condotta di alimentazione;
- gruppo miscelatore, avente due condotte di alimentazione e comandi separati per regolare e miscelare la portata d'acqua.

I gruppi miscelatori possono avere diverse soluzioni costruttive riconducibili ai seguenti casi:
- comandi distanziati o gemellati;
- corpo apparente o nascosto (sotto il piano o nella parete);
- predisposizione per posa su piano orizzontale o verticale.
- miscelatore meccanico, elemento unico che sviluppa le stesse funzioni del gruppo miscelatore, mescolando prima i due flussi e regolando e poi la portata della bocca di erogazione. Le due regolazioni sono effettuate di volta in volta, per ottenere la temperatura d'acqua voluta.

I miscelatori meccanici possono avere diverse soluzioni costruttive riconducibili ai seguenti casi:
- monocomando o bicomando;
- corpo apparente o nascosto (sotto il piano o nella parete);
- predisposizione per posa su piano orizzontale o verticale;
- miscelatore termostatico, elemento funzionante come il miscelatore meccanico, ma che varia automaticamente la portata di due flussi a temperature diverse per erogare e mantenere l'acqua alla temperatura prescelta.

### *42.2. Caratteristiche*

La rubinetteria sanitaria, indipendentemente dal tipo e dalla soluzione costruttiva, deve rispondere alle seguenti caratteristiche:
- inalterabilità dei materiali costituenti e non cessione di sostanze all'acqua;
- tenuta all'acqua alle pressioni di esercizio;
- conformazione della bocca di erogazione in modo da erogare acqua con filetto a getto regolare e comunque senza spruzzi che vadano all'esterno dell'apparecchio sul quale devono essere montati;
- proporzionalità fra apertura e portata erogata;
- minima perdita di carico alla massima erogazione;
- silenziosità e assenza di vibrazione in tutte le condizioni di funzionamento;
- facile smontabilità e sostituzione di pezzi;
- continuità nella variazione di temperatura tra la posizione di freddo e quella di caldo e viceversa (per i rubinetti miscelatori).

La rispondenza alle caratteristiche sopraelencate si intende soddisfatta per i rubinetti singoli e i gruppi miscelatori quando essi rispondono alla norma **UNI EN 200** e ne viene comprovata la rispondenza con certificati di prova e/o con apposizione del marchio UNI. Per gli altri rubinetti si applica la norma **UNI EN 200** (per quanto possibile) o si farà riferimento ad altre norme tecniche (principalmente di enti normatori esteri).

Negli ambulatori e nei locali destinati ad attività sanitarie il miscelatore dovrà essere del tipo monocomando meccanico in ottone cromato, installazione bordo lavabo, comando a leva clinica, bocca corta, maniglia che ruota su o-ring per evitare che prenda gioco..

### *42.3. Cassette per l'acqua per vasi, orinatoi e vuotatoi*

Le cassette per l'acqua per vasi, orinatoi e vuotatoi, indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle caratteristiche seguenti:
- troppo pieno di sezione tale da impedire in ogni circostanza la fuoriuscita di acqua dalla cassetta;
- rubinetto a galleggiante che regola l'afflusso dell'acqua, realizzato in modo che, dopo l'azione di pulizia, l'acqua fluisca ancora nell'apparecchio, sino a ripristinare nel sifone del vaso il battente d'acqua che realizza la tenuta ai gas;
- costruzione tale da impedire ogni possibile contaminazione della rete di distribuzione dell'acqua a monte per effetto di rigurgito;
- contenimento del livello di rumore prodotto durante il funzionamento.

La rispondenza alle caratteristiche sopraelencate si intende soddisfatta per le cassette dei vasi quando, in abbinamento con il vaso, soddisfano le prove di pulizia/evacuazione.

### *42.4. Fornitura e stoccaggio*

I rubinetti devono essere forniti in imballaggi adeguati in grado di proteggerli da urti, graffi, ecc. nelle fasi di trasporto e movimentazione in cantiere.
Il foglio informativo deve accompagnare il prodotto, dichiarando le caratteristiche dello stesso e le altre informazioni utili per il montaggio, la manutenzione, ecc.

### *42.5. Tubi di raccordo rigidi e flessibili (per il collegamento tra i tubi di adduzione e la rubinetteria sanitaria)*

I tubi di raccordo rigidi e flessibili, indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle caratteristiche seguenti:
- inalterabilità alle azioni chimiche e all'azione del calore;
- non cessione di sostanze all'acqua potabile;
- indeformabilità alle sollecitazioni meccaniche provenienti dall'interno e/o dall'esterno;
- superficie interna esente da scabrosità che favoriscano depositi;
- pressione di prova uguale a quella di rubinetti collegati.

I tubi metallici flessibili devono essere conformi alla norma **UNI 9028**.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI 9028** - *Tubi compositi flessibili (e relativi raccordi metallici) per impianti idrici e termici*;
**UNI 11208** - *Flessibili estraibili doccia per rubinetteria sanitaria (PN 10).*

### *42.6. Rubinetti idonei ai portatori di handicap*

Nei locali igienici destinati a portatori di handicap, devono essere installati preferibilmente rubinetti con comando a leva, con erogazione dell'acqua calda regolabile mediante miscelatori termostatici, così come stabilito dal **D.M. n. 236/1989**.
I rubinetti devono essere facilmente azionabili dai soggetti portatori di handicap, specialmente se su sedia a ruote o deambulanti.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 1286** - *Rubinetteria sanitaria. Miscelatori meccanici a bassa pressione. Specifiche tecniche generali*;
**UNI EN 1287** - *Rubinetteria sanitaria. Miscelatori termostatici a bassa pressione. Specifiche tecniche generali*;
**UNI EN 15091** - *Rubinetteria sanitaria. Rubinetteria sanitaria ad apertura e chiusura elettronica*;
**UNI EN 1111** - *Rubinetteria sanitaria. Miscelatori termostatici (PN 10). Specifiche tecniche generali*;
**UNI EN 816** - *Rubinetteria sanitaria. Rubinetti a chiusura automatica PN 10.*

### *42.7. Norme di riferimento*

In caso di contestazione nell'accettazione della rubinetteria, si farà riferimento alle seguenti norme:
**UNI 9182** - *Edilizia. Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda. Criteri di progettazione, collaudo e gestione*;
**UNI EN 200** - *Rubinetteria sanitaria. Rubinetti singoli e miscelatori per sistemi di adduzione acqua di tipo 1 e 2. Specifiche tecniche generali;*
**UNI EN 246** - *Rubinetteria sanitaria. Criteri di accettazione dei regolatori di getto*;
**UNI EN 248** - *Rubinetteria sanitaria. Criteri di accettazione dei rivestimenti Ni-Cr*;
**UNI EN 816** - *Rubinetteria sanitaria. Rubinetti a chiusura automatica (PN 10)*;
**UNI EN 817** - *Rubinetteria sanitaria. Miscelatori meccanici (PN 10). Specifiche tecniche generali*;
**UNI EN 1286** - *Rubinetteria sanitaria. Miscelatori meccanici a bassa pressione. Specifiche tecniche generali*;
**UNI EN 1287** - *Rubinetteria sanitaria. Miscelatori termostatici a bassa pressione. Specifiche tecniche generali*;
**UNI EN 15091** - *Rubinetteria sanitaria. Rubinetteria sanitaria ad apertura e chiusura elettronica*;
**UNI 11148** - *Rubinetteria sanitaria. Doccette per rubinetteria da lavello*;

**UNI 10856** - *Rubinetteria sanitaria. Prove e limiti di accettazione dei rivestimenti organici*;
**UNI EN 1111** - *Rubinetteria sanitaria. Miscelatori termostatici (PN 10). Specifiche tecniche generali*;
**UNI EN 1112** - *Dispositivi uscita doccia per rubinetteria sanitaria (PN 10)*;
**UNI EN 1113** - *Flessibili doccia per rubinetteria sanitaria (PN 10*);
**UNI EN 13828** - *Valvole per edifici. Rubinetti a sfera di leghe di rame e di acciaio inossidabile, a comando manuale, per l'approvvigionamento di acqua potabile negli edifici. Prove e requisiti*;
**UNI EN ISO 3822-1** - *Acustica. Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua. Metodo di misurazione*;
**UNI EN ISO 3822-2** - *Acustica. Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua. Condizioni di montaggio e di funzionamento dei rubinetti di scarico e miscelatori*;
**UNI EN ISO 3822-3** - *Acustica. Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua. Condizioni di montaggio e di funzionamento delle apparecchiature e delle valvole sull'impianto*;
**UNI EN ISO 3822-4** - *Acustica. Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua. Condizioni di montaggio e di funzionamento per apparecchiature speciali*.

## Art. 43. **Dispositivi di scarico degli apparecchi sanitari**

### *43.1. Generalità*

I requisiti relativi alle dimensioni, alle prestazioni, ai materiali e alla marcatura per dispositivi di scarico, sifoni e troppopieno per lavelli, piatti doccia, lavabi, bidè e vasche da bagno raccordati a sistemi di drenaggio a gravità, per qualsiasi destinazione d'uso dell'edificio devono essere conformi alla norma **UNI EN 274-1**.
La rispondenza deve essere comprovata anche da un'attestazione di conformità fornita dall'appaltatore.

### *43.2. Aspetto delle superfici interne ed esterne*

Le superfici interne ed esterne dei dispositivi di scarico, ad esame visivo senza ingrandimento, devono essere lisce, prive di rientranze, rigonfiamenti o qualsiasi altro difetto di superficie che potrebbe comprometterne il funzionamento (**UNI EN 274-1)**.
L'aspetto visivo dei rivestimenti elettrolitici NiCr deve essere conforme alla norma **UNI EN 248**.

### *43.3. Sifoni*

Il sifone è un dispositivo che fornisce una tenuta idraulica tra l'uscita di scarico e il tubo di scarico, al fine di evitare l'entrata di aria maleodorante dal tubo di scarico nell'edificio, senza ostruire lo scarico dell'acqua reflua.
I sifoni possono essere del tipo cosiddetto *a tubo* o *a bottiglia* e quest'ultimo deve presentare una suddivisione o un sifone rovesciato. Tutti i sifoni devono essere facilmente pulibili.
Le caratteristiche del sifone devono essere tali da non ridurre la profondità della tenuta dell'acqua al di sotto del minimo necessario.
Gli ingressi al sifone devono essere tali da poter essere raccordati alle uscite di scarico di dimensioni appropriate, qualora il sifone sia fornito come elemento separato.
Ulteriori ingressi e troppopieno devono essere raccordati in modo tale da garantire la profondità della tenuta dell'acqua, in conformità al prospetto 2 della norma **UNI EN 274-1**.

### *43.4. Pilette di scarico*

Le pilette di scarico sono dispositivi attraverso i quali l'acqua è evacuata dall'apparecchio sanitario, che può essere sigillato per mezzo di una valvola o di un tappo e può essere dotato di una griglia fissa o rimovibile.
Le pilette di scarico possono essere fabbricate come pezzo unico o possono comprendere vari pezzi uniti tramite lavorazione meccanica, con o senza troppopieno.
Esse possono includere un sifone.

Le pilette di scarico non dotate di sifone devono avere un'uscita filettata o liscia delle dimensioni indicate nel prospetto 1 della norma **UNI EN 274-1**.
Le pilette di scarico possono essere dotate di una griglia fissa o rimovibile.

*43.5. Prova di sbalzo termico per pilette di scarico e i sifoni. Tenuta*

Le pilette di scarico e i sifoni devono essere sottoposti al passaggio di acqua calda e fredda per cinque cicli, come di seguito indicato:
- X l/s di acqua a una temperatura di 0 °C per 15 min con una portata costante;
- X l/s di acqua a una temperatura di 20 ± 5 °C per 10 minuti con una portata costante.

Il valore di *X* è la portata minima indicata nel prospetto 3 della norma **UNI EN 274-1**, ma con un massimo di 0,5 l/s.
L'acqua deve entrare nella piletta di scarico alla temperatura richiesta.

*43.6. Tenuta di pilette di scarico con tappo o valvola*

La tenuta di pilette di scarico con tappo o valvola, in conformità alla norma **UNI EN 274-2**, deve essere verificata:
- installando la piletta di scarico sul fondo del serbatoio di prova con il tappo in posizione o la valvola chiusa;
- riempiendo il serbatoio di prova con acqua a un'altezza di 120 mm e raccogliendo l'eventuale acqua che passa attraverso la valvola o il tappo della piletta di scarico durante un periodo di un'ora;
- misurando la quantità di acqua raccolta.

*43.7. Tenuta dei sifoni*

Tutti i componenti e i raccordi del sifone, in conformità alla norma **UNI EN 274-2**, devono essere sottoposti a una pressione d'acqua di 0,01 MPa (0,1 bar) per un periodo di cinque minuti. Per i sifoni sottoposti a una prova di sbalzo termico, la tenuta deve essere verificata immediatamente dopo la prova.

*43.8. Marcatura*

Tutti i dispositivi di scarico, posti in opera, devono essere marcati indelebilmente almeno con:
- il nome o il marchio del fabbricante;
- **UNI EN 274**.

Se la marcatura del prodotto non è praticabile, tale informazione deve essere riportata sull'imballaggio del prodotto.

*43.9. Norme di riferimento*

**UNI EN 274-1** - *Dispositivi di scarico per apparecchi sanitari. Requisiti*;
**UNI EN 274-2** - *Dispositivi di scarico per apparecchi sanitari. Metodi di prova*;
**UNI EN 274-3** - *Dispositivi di scarico per apparecchi sanitari. Controllo qualità*;
**UNI EN 15334** - *Apparecchi sanitari. Dispersioni metacriliche ad alto contenuto di cariche*.

## Art. 44. **Tubazioni per impianti di adduzione dell'acqua, gas, fognature, ecc.**

Prima dell'accettazione di ciascun lotto di fornitura di tubi e accessori, il direttore dei lavori, in contraddittorio con l'appaltatore, deve eseguire dei controlli in cantiere e presso laboratori ufficiali sul prodotto fornito secondo le modalità di seguito indicate:
- presso gli stabilimenti di produzione e/o di rivestimento:
- verifica del ciclo di produzione e controllo dimensionale dei tubi;
- controllo della composizione chimica;
- controllo delle caratteristiche meccaniche;
- prova di trazione sia sul materiale base del tubo sia sul cordone di saldatura (per la determinazione del carico

unitario di rottura, del carico unitario di snervamento e dell'allungamento percentuale);
- prova di curvatura (bending test);
- prova di schiacciamento;
- prova di piegamento;
- prove non distruttive (radiografiche, elettromagnetiche, a ultrasuoni, con liquidi penetranti);
- controllo dei rivestimenti (spessori e integrità), controllo con holiday detector a 15 kV del rivestimento esterno.
- presso il deposito di stoccaggio:
- controllo visivo volto ad accertare l'integrità dei tubi, in particolare della smussatura per la saldatura di testa e del rivestimento interno ed esterno dei tubi.

Nel caso in cui il controllo della qualità in fase di accettazione risultasse non conforme alle specifiche di progetto e delle specifiche norme UNI, il direttore dei lavori notificherà per iscritto i difetti riscontrati all'appaltatore, che avrà cinque giorni di tempo per effettuare le proprie verifiche e presentare le proprie controdeduzioni in forma scritta.

In caso di discordanza tra i risultati ottenuti, si provvederà entro i dieci giorni successivi ad attuare ulteriori verifiche, da eseguire in conformità alle normative di riferimento presso istituti esterni specializzati, scelti insindacabilmente dal committente e abilitati al rilascio delle certificazioni a norma di legge, eventualmente alla presenza di rappresentanti del committente e dell'appaltatore. Anche tali ulteriori verifiche saranno a totale carico dell'appaltatore e avranno valore definitivo circa la rispondenza o meno della fornitura ai requisiti contrattuali.

### *44.1. Tubi in acciaio*

In generale, un primo riferimento è dato dalla C.M. 5 maggio 1966, n. 2136, che riporta le prescrizioni per i tubi di acciaio per acquedotti, ricavati da lamiere curvate con saldature longitudinali o elicoidali, con estremità per giunzioni di testa o a bicchiere. Tali indicazioni, però, devono essere integrate con le norme UNI applicabili.

L'acciaio delle lamiere deve essere di qualità e avere, di norma, caratteristiche meccaniche e chimiche rientranti in uno dei tipi di acciaio saldabili delle tabelle **UNI EN 10025** o caratteristiche analoghe, purché rientranti nei seguenti limiti:
- carico unitario di rottura a trazione non minore di 34 kg/mm$^2$;
- rapporto tra carico di snervamento e carico di rottura non superiore a 0,80;
- contenuto di carbonio non maggiore di 0,29%;
- contenuto di fosforo non maggiore di 0,05%;
- contenuto di zolfo non maggiore di 0,05%;
- contenuto di fosforo e zolfo nel complesso non maggiore di 0,08%;
- contenuto di manganese non maggiore di 1,20%;
- contenuto di carbonio e di manganese tali che la somma del contenuto di carbonio e di 1/6 di quello di manganese non sia superiore a 0,45%.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 10224** - *Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano. Condizioni tecniche di fornitura*;

**UNI EN 10326** - *Nastri e lamiere di acciaio per impieghi strutturali rivestiti per immersione a caldo in continuo. Condizioni tecniche di fornitura*;

**UNI EN 10025** - *Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura.*

#### *44.1.1. Tolleranze*

La C.M. 5 maggio 1966, n. 2136 stabilisce le seguenti tolleranze:
- spessore della lamiera al di fuori dei cordoni di saldatura:
- in meno: 12,5% ed eccezionalmente 15% in singole zone per lunghezze non maggiori del doppio del diametro del tubo;
- in più: limitate dalle tolleranze sul peso;
- diametro esterno ± 1,5% con un minimo di 1 mm.

- diametro esterno delle estremità calibrate dei tubi con estremità liscia per saldatura di testa per una lunghezza non maggiore di 200 mm dalle estremità:
- 1 mm per tubi del diametro fino a 250 mm;
- 2,5 mm;
- 1 millimetro per tubi del diametro oltre i 250 mm.

L'ovalizzazione delle sezioni di estremità sarà tollerata entro limiti tali da non pregiudicare l'esecuzione a regola d'arte della giunzione per saldatura di testa.
- sul diametro interno del bicchiere per giunti a bicchiere per saldatura: + 3 mm. Non sono ammesse tolleranze in meno;
- sul peso calcolato in base alle dimensioni teoriche e al peso specifico di 7,85 kg/cm$^3$ sono ammesse le seguenti tolleranze:
- sul singolo tubo: + 10%; - 8%;
- per partite di almeno 10 t: ± 7,5%.

### *44.1.2. Tipologie tubi*

I tubi di acciaio possono essere senza saldatura o saldati e a ogni diametro deve corrispondere una pressione massima d'esercizio.
Le tubazioni di uso più frequente hanno uno spessore detto *della serie normale*, mentre quelle con spessore minimo si definiscono *della serie leggera*.

TUBI SENZA SALDATURA

I tubi senza saldatura devono essere conformi alla norma **UNI EN 10224**.
I tubi commerciali sono forniti in lunghezza variabile da 4 a 8 m, con tolleranze di + 10 mm per i tubi fino a 6 m e di + 15 mm per tubi oltre 6 m. Le tolleranze sono quelle indicate dalla tabella 9 della norma **UNI EN 10224**.
Per i tubi commerciali, le tolleranze sul diametro esterno, sullo spessore e sulla lunghezza, sono stabilite dal punto 7.7 della norma **UNI EN 10224**.
I tubi commerciali sono solitamente forniti senza collaudo. Gli altri tipi di tubi devono essere sottoposti a prova idraulica dal produttore che dovrà rilasciare, se richiesta, apposita dichiarazione. L'ovalizzazione non deve superare i limiti di tolleranza stabiliti per il diametro esterno.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 10224** - *Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano. Condizioni tecniche di fornitura*;
**UNI EN 10216-1** - *Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente*;
**UNI EN 10255** - *Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura. Condizioni tecniche di fornitura*;
**UNI EN 10208-1** - *Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi della classe di prescrizione A*;
**UNI EN 10208-2** - *Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi della classe di prescrizione B.*

TUBI CON SALDATURA

Per l'accettazione dei tubi con saldatura si farà riferimento alle seguenti norme:
**UNI EN 10217-1** - *Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi di acciaio non legato per impiego a temperatura ambiente*;
**UNI EN 10217-2** - *Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 2: Tubi saldati elettricamente di acciaio non legato e legato per impieghi a temperatura elevata*;
**UNI EN 10217-3** - *Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 3: Tubi di acciaio legato a grano fine*;
**UNI EN 10217-4** - *Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 4:*

*Tubi saldati elettricamente di acciaio non legato per impieghi a bassa temperatura*;
**UNI EN 10217-5** - *Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 5: Tubi saldati ad arco sommerso di acciaio non legato e legato per impieghi a temperatura elevata*;
**UNI EN 10217-6** - *Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 6: Tubi saldati ad arco sommerso di acciaio non legato per impieghi a bassa temperatura*;
**UNI EN 10217-7** - *Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 7: Tubi di acciaio inossidabile*.

### *44.1.3. Designazione e marcatura dei materiali*

La designazione dei tubi d'acciaio deve comprendere:
- la denominazione “tubo”;
- la norma UNI di riferimento;
- il diametro esterno;
- altre indicazioni facoltative;
- tolleranze sulla lunghezza;
- lunghezza, se diversa da quella normale.

### *44.1.4. Rivestimento interno*

Il rivestimento interno, al controllo visivo, deve essere uniforme e privo di difetti. Lo spessore minimo del rivestimento è previsto dalla norma **UNI ISO 127**.
I tubi devono essere trattati all'interno con un adeguato rivestimento, a protezione della superficie metallica dall'azione aggressiva del liquido convogliato.
I rivestimenti più impiegati sono:
- bitume di 2-4 mm di spessore;
- resine epossidiche di 0,5-1 mm;
- polveri poliammidiche applicate per proiezione elettrostatica e polimerizzate in forno.

La malta cementizia centrifugata e opportunamente dosata per il rivestimento interno deve essere costituita unicamente da acqua potabile, sabbia fine quarzosa e cemento Portland. Le caratteristiche meccaniche del rivestimento interno devono essere tali da caratterizzarlo come un vero e proprio tubo in cemento autoportante di elevata resistenza, per il quale il tubo dovrà agire praticamente come armatura.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI ISO 127** - *Lattice naturale concentrato. Determinazione del numero di KOH*;
**UNI ISO 6600** - *Tubi di ghisa sferoidale. Rivestimento interno di malta cementizia centrifugata. Controlli di composizione della malta subito dopo l'applicazione*;
**UNI ISO 4179** - *Tubi di ghisa sferoidale per condotte con e senza pressione. Rivestimento interno di malta cementizia centrifugata. Prescrizioni generali* (n.d.r. ritirata senza sostituzione).

### *44.1.5. Rivestimento esterno*

I rivestimenti esterni delle tubazioni in acciaio possono essere realizzati mediante (**UNI ISO 127**):
- primo strato bituminoso, di catrame o di resina sintetica;
- uno o più strati protettivi a base di bitume;
- uno o più strati di armatura in velo di vetro inserito in ogni strato protettivo.

Il rivestimento esterno, al controllo visivo, deve essere uniforme e privo di difetti.
La classe di spessore del rivestimento deve essere conforme alla norma **UNI ISO 127**.
Per ulteriori sistemi di rivestimento (protezione catodica, antisolare, ambiente aggressivo, meccanica, ecc.) si rimanda alla citata norma **UNI ISO 127**.
La protezione meccanica con feltro o altro materiale simile deve essere applicata sul rivestimento ancora caldo e non indurito e prima dell'applicazione della protezione antisolare. Negli altri, la protezione meccanica può essere applicata durante la posa in opera della tubazione.
I rivestimenti di cui sopra possono essere realizzati in cantiere dopo il montaggio della tubazione o in stabilimento. In generale, la superficie da rivestire deve essere opportunamente preparata e pulita per

l'applicazione del rivestimento, per favorirne l'aderenza.

**Tabella 44.1. Tubazioni in acciaio serie leggera**

| $d_n$ | Diametro esterno | Spessore | Diametro esterno | | Massa lineica | | Designazione abbreviata della filettatura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D (mm) | s (mm) | max (mm) | min (mm) | Estremità lisce (kg/m) | Estremità filettate e manicottate (kg/m) | |
| 10 15 20 25 32 40 50 65 80 100 | 17,2 21,3 26,9 33,7 42,4 48,3 60,3 76,1 88,9 114,3 | 2,0 2,3 2,3 2,9 2,9 2,9 3,2 3,2 3,6 4,0 | 17,4 21,7 27,1 34,0 42,7 48,6 60,7 76,3 89,4 114,9 | 16,7 21,0 26,4 33,2 41,9 47,8 59,6 75,2 87,9 113,0 | 0,742 1,08 1,39 2,20 2,82 3,24 4,49 5,73 7,55 10,8 | 0,748 1,09 1,40 2,22 2,85 3,28 4,56 5,85 7,72 11,1 | 3/8 1/2 3/4 1 1 ¼ 1 ½ 2 2 ½ 3 4 |

**Tabella 44.2. Tubazioni in acciaio serie media**

| $d_n$ | Diametro esterno | Spessore | Diametro esterno | | Massa lineica | | Designazione abbreviata della filettatura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D (mm) | s (mm) | max (mm) | min (mm) | Estremità lisce (kg/m) | Estremità filettate e manicottate (kg/m) | |
| 10 15 20 25 32 40 50 65 80 100 | 17,2 21,3 26,9 33,7 42,4 48,3 60,3 76,1 88,9 114,3 | 2,3 2,6 2,6 3,2 3,2 3,2 3,6 3,6 4,0 4,5 | 17,5 21,8 27,3 34,2 42,9 48,8 60,8 76,6 89,5 115,0 | 16,7 21,0 26,5 33,3 42,0 47,9 59,7 75,3 88,00 113,1 | 0,893 1,21 1,56 2,41 3,10 3,56 5,03 6,42 8,36 12,2 | 0,845 1,22 1,57 2,43 3,13 3,60 5,10 6,54 8,53 12,5 | 3/8 1/2 3/4 1 1 ¼ 1 ½ 2 2 ½ 3 4 |

**Tabella 44.3. Tubazioni in acciaio serie pesante**

| $d_n$ | Diametro esterno | Spessore | Diametro esterno | | Massa lineica | | Designazione abbreviata della filettatura |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | D (mm) | s (mm) | max (mm) | min (mm) | Estremità lisce (kg/m) | Estremità filettate e manicottate (kg/m) | |
| 10 15 20 25 32 40 50 65 80 100 | 17,2 21,3 26,9 33,7 42,4 48,3 60,3 76,1 88,9 114,3 | 2,9 3,2 3,2 4,0 4,0 4,0 4,5 4,5 5,0 5,4 | 17,5 21,8 27,3 34,2 42,9 48,8 60,8 76,6 89,5 115,0 | 16,7 21,0 26,5 33,3 42,0 47,9 59,7 75,3 88,9 113,1 | 1,02 1,44 1,87 2,93 3,79 4,37 6,19 7,93 10,3 14,5 | 1,03 1,45 1,88 2,95 3,82 4,41 6,26 8,05 10,5 14,8 | 3/8 1/2 3/4 1 1 ¼ 1 ½ 2 2 ½ 3 4 |

**Tabella 44.4. Valori di tolleranza per i tubi in acciaio con riferimento alla norma UNI 8863**

| Tipo | Spessore | | Massa lineica | |
|---|---|---|---|---|
| | + | - | + | - |
| Saldati | No | 10% | 10% | 8% |
| Non saldati | No | 12,5% | 10% | 10% |

### *44.1.6. Dimensioni*

I diametri nominali minimi ammessi sono quelli del prospetto I della norma **UNI EN 295-1**, che vanno da 100 mm a 1200 mm. La norma ammette anche diametri maggiori a certe condizioni.

Le lunghezze nominali in relazione al diametro nominale sono riportate nel prospetto II della citata norma **UNI EN 295-1**. La tolleranza ammessa per i tubi e per gli elementi complementari deve essere contenuta entro - 1% e + 4%, con un minimo di ± 10 mm.

### *44.1.7. Sistemi di giunzione*

Le caratteristiche del materiale impiegato e gli aspetti funzionali delle giunzioni sono indicati dalla norma **UNI EN 295** (parti 1, 2 e 3).

La giunzione si fabbrica in stabilimento, colando resina poliuretanica liquida attorno alla punta e all'interno del bicchiere dei tubi e pezzi speciali di gres.

Gli elementi di tenuta in poliuretano, sottoposti alle prove previste dal punto 15 della norma **UNI EN 295-3**, devono rispettare le limitazioni del prospetto VII della norma **UNI EN 295-1**. In particolare, le guarnizioni devono avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione: $\geq 2$ N/mm$^2$;
- allungamento a rottura: $\geq 90\%$;
- durezza: $67 \pm 5$ shore A.

Le guarnizioni ad anello di gomma devono essere sottoposte alla prova di ozono, secondo le modalità di cui al punto 14 della norma **UNI EN 295-3**.

I giunti a manicotto di polipropilene, prodotti da fabbricanti in possesso dei requisiti di cui alla norma **UNI EN 295**, devono essere sottoposti alla prove di cui alla norma **UNI EN 295-3** (punto 16) e soddisfare le prescrizioni (indice di rammollimento, resistenza a trazione, allungamento di rottura e temperatura elevata) del prospetto VIII della norma **UNI EN 295-1**. Tali giunti, se approvvigionati da fornitore esterno, devono essere sottoposti alla prova di cui al punto 17 della norma **UNI EN 295-3**, resistendo a una pressione interna di acqua non inferiore a 60 kPa.

Le tubazioni e i pezzi speciali sono predisposti, per la posa in opera, con il bicchiere verso monte, entro il quale si dispone la punta del pezzo successivo.

Per le giunzioni, la norma **UNI EN 295** prevede i seguenti materiali:

- guarnizioni ad anello di gomma;
- elementi di tenuta di poliuretano;
- giunti a manicotto in polipropilene.

I sistemi di giunzione devono essere in grado di garantire un'omogenea velocità di scorrimento e tenuta idraulica nei confronti di una pressione interna o esterna di 50 kN/m$^2$ (0,5 bar) con deviazione angolare rispettivamente di 80 mm/m per $d_n$ 100-200, di 30 mm/m per $d_n$ 225/500, di 20 mm/m per $d_n$ 600-800 e di 10 mm/m per $d_n > 800$.

Il collegamento tra le tubazioni si realizza per semplice infilaggio della punta in gres nel bicchiere munito di anello in gomma.

Nel caso di utilizzo di condotte con sezione ridotta, per esempio allacciamenti, queste possono presentare un nuovo sistema di giunzione realizzato con il posizionamento in fabbrica di un anello in gomma all'interno del bicchiere della tubazione.

Altri materiali impiegati per le giunzioni devono rispondere alle indicazioni tecniche fornite dal produttore, come indicato al punto 3.1.5 della norma **UNI EN 295-1**.

Per la tenuta all'acqua dei sistemi di giunzione si eseguirà la prova secondo il punto 9 della norma **UNI EN 295-3**.

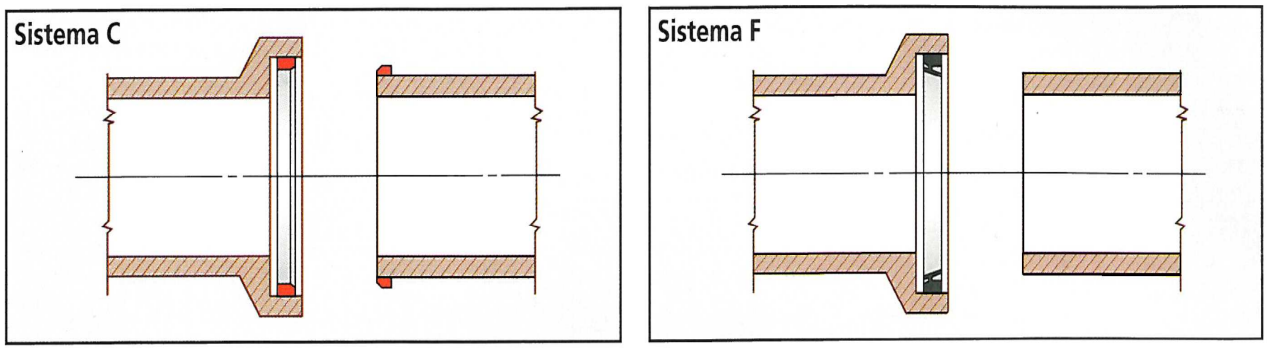


**Figura 44. 1**
**Sistemi di giunzioni tubi in gres con giunto a bicchiere e guarnizione elastica (modificata norma UNI EN 295)**

### *44.1.8. Norme di riferimento*

Per gli elementi in gres si farà riferimento alle norme di seguito riportate.
a) tubi:
**UNI EN 295-1** - *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Specificazioni*;
**UNI EN 295-2** - *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Controllo della qualità e campionamento*;
**UNI EN 295-3** - *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Metodi di prova*;
**UNI EN 295-4** - *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per elementi complementari speciali, elementi di adattamento e accessori compatibili*;
**UNI EN 295-5** - *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per i tubi perforati e per gli elementi complementari di gres*;
**UNI EN 295-6** - *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per pozzetti di gres*;
**UNI EN 295-7** - *Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per tubi e sistemi di giunzione di gres per tubazioni con posa a spinta.*

b) mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi:
**UNI 9459** - *Mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi. Caratteristiche e prove*.

## *44.2. Tubazioni in PVC*

Le principali norme di riferimento per le condotte in PVC pieno e strutturato sono:
- per i fluidi in pressione: **UNI EN 1452**;
- per gli scarichi nei fabbricati: **UNI EN 1329** e **UNI 1543** (PVC strutturato);
- per le fognature: **UNI EN 1401**;
- per gli scarichi industriali: **UNI EN ISO 15493**.

### *44.2.1. Tubazioni per adduzione d'acqua*

La norma **UNI EN 1452-1** specifica gli aspetti generali dei sistemi di tubazioni di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) nel campo dell'adduzione d'acqua. Le parti comprese tra la seconda e la quinta della stessa norma si applicano ai tubi, raccordi, valvole e attrezzature ausiliarie di PVC-U e anche alle loro giunzioni e alle giunzioni con componenti di altri materiali plastici e non plastici, che possono essere utilizzati per gli impieghi seguenti:
- condotte principali e diramazioni interrate;
- trasporto di acqua sopra terra sia all'esterno che all'interno degli edifici;
- fornitura di acqua sotto pressione a circa 20 °C (acqua fredda), destinata al consumo umano e per usi generali.

La norma è anche applicabile ai componenti per l'adduzione d'acqua fino 45 °C compresi.
Le caratteristiche della polvere di PVC devono rispondere ai requisiti della norma **UNI EN 1452-1** e soddisfare la tabella 44.5.

**Tabella 44.5. Caratteristiche della resina (polvere) di PVC**

| Caratteristiche | Requisiti |
|---|---|
| Valore *K* | 65÷70 |
| Peso specifico apparente | 0,5÷0,6 |
| Granulometria | > 250 mm 5% max < 63 mm 5% max |
| VCM residuo (vinil cloruro monomero) | < 1 ppm (1 mg/kg max) |
| Sostanze volatili | ≤ 0,3% |

*44.2.1.1. Composizione di PVC-U*

Il materiale con cui sono prodotti i tubi in PVC-U, i raccordi e le valvole deve essere una composizione (compound) di policloruro di vinile non plastificato. Questa composizione deve consistere di una resina PVC-U, alla quale sono aggiunte le sostanze necessarie per facilitare la fabbricazione di tubi, raccordi e valvole conformi alle varie parti della norma **UNI EN 1452**.

Nessuno degli additivi deve essere utilizzato, separatamente o insieme agli altri, in quantità tali da costituire un pericolo tossico, organolettico o microbiologico o per influenzare negativamente la fabbricazione o le proprietà di incollaggio del prodotto o, ancora, per influire negativamente sulle sue proprietà, fisiche o meccaniche (in particolare la resistenza agli urti e la resistenza meccanica a lungo termine), come definito in varie parti della norma **UNI EN 1452**.

Non è ammesso l'impiego di:

- plastificanti e/o cariche minerali che possano alterare le caratteristiche meccaniche e igieniche del tubo;
- PVC proveniente dalla rigenerazione di polimeri di recupero, anche se selezionati;
- materiale di primo uso estruso, ottenuto cioè dalla molitura di tubi e raccordi, già estrusi anche se aventi caratteristiche conformi alla presente specifica.

Le caratteristiche del blend in forma di tubo devono rispondere ai requisiti della norma **UNI EN 1452-1** e soddisfare la tabella 44.6.

**Tabella 44.6. Caratteristiche della miscela**

| **Caratteristiche** | **Requisiti** |
|---|---|
| M.R.S. (secondo ISO/TR 9080) | ≥ 25 MPa |
| Peso specifico | 1,35÷1,46 g/cm$^3$ |
| Carico unitario a snervamento | ≥ 48 MPa |
| Allungamento a snervamento | < 10% |
| Modulo di elasticità | > 3000 MPa |
| Coefficiente di dilatazione termica lineare | 0,06 ÷ 0,08 mm/m°C |
| Conduttività termica | 0,13 kcal/mh°C |

*44.2.1.2. Aspetto e colore dei tubi*

I tubi all'esame visivo senza ingrandimento devono avere le superfici interne ed esterne lisce, pulite ed esenti da screpolature, cavità e altri difetti superficiali suscettibili di impedire la conformità alla presente norma. Il materiale non deve contenere alcuna impurità visibile senza ingrandimento. Le estremità dei tubi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse del tubo.

I tubi devono essere di colore grigio, blu o crema. Il colore dei tubi deve essere uniforme per tutto il loro spessore. Per le applicazioni sopra terra non devono essere impiegati tubi di colore crema. In considerazione dell'eventuale esposizione ai raggi solari, un pur minimo abbassamento della tonalità del colore su di una parte del tubo non deve compromettere l'idoneità del tubo all'impiego e costituire un conseguente motivo di rifiuto della fornitura.

La parete del tubo deve essere opaca e non deve trasmettere più dello 0,2% della luce visibile, misurata secondo la norma **UNI EN 578**. Questo requisito non è applicabile ai tubi di colore crema.

*44.2.1.3. Caratteristiche meccaniche*

Le caratteristiche meccaniche e fisiche dei tubi devono rispondere ai requisiti della norma **UNI EN1452-2** e soddisfare la tabella 44.7.

**Tabella 44.7. Caratteristiche meccaniche e fisiche dei tubi**

| **Caratteristiche** | **Requisiti** | | **Metodi di prova** |
|---|---|---|---|
| Resistenza all'urto | T = 0 °C-TIR < 10% conformi al prospetto 6 della n orma **UNI EN** 1452-2 | | **UNI EN** 744 |
| Resistenza alla pressione intera | Nessun cedimento durante la prova 20 °C/1h/sigma= 42 MPa 20 °C/100 h/sigma= 35 MPa 60 °C/1000 h/sigma= 12,5 MPa | | **UNI EN** 921 |
| Temperatura di rammollimento Vicat (VST) | **>** 80 °C | conformi alla norma **UNI EN** 727 | **UNI EN** 727 |
| Ritiro longitudinale | ≤ 5% Il tubo non deve presentare delaminazione, bolle o rotture | temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - *e* ≤ 8 mm: 15 min; - *e* > 8 mm: 30 min. oppure: temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - | **UNI EN** 743. Metodo A: bagno liquido |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | *e* ≤ 8 mm: 30 min; - *e* > 8 mm: 60 min, | |
| | | | **UNI EN** 743. Metodo B: in aria |
| Resistenza al dicloro-metano ad una temperatura specificata | Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta | temperatura di prova: 15 °C tempo di immersione: 30 min | **UNI EN** 580 |

### *44.2.1.4. Caratteristiche geometriche*

I tubi devono essere dei formati (SDR) previsti dalla premessa nazionale alla norma **UNI EN 1452** e avere dimensioni conformi ai valori riportati nei prospetti 1, 2 e 3 del capitolo 6 della norma **UNI EN 1452-2** - *Caratteristiche geometriche*.

Il diametro esterno nominale $d_n$ di un tubo deve essere conforme al prospetto 1 della norma **UNI EN 1452-2**.

Il diametro esterno medio $d_{em}$ di un tubo deve essere conforme al relativo diametro esterno nominale $d_n$ entro le tolleranze date nel prospetto 1 della norma **UNI EN 1452-2**.

Le tolleranze per lo scostamento della circolarità devono essere conformi al prospetto 1 della norma **UNI EN 1452-2**.

La lunghezza nominale del tubo, normalmente di 6 m, deve essere una lunghezza minima, che non deve comprendere la profondità delle parti del bicchiere.

**Tabella 44.8. Spessori minimi di parete dei tubi**

| **Diametro esterno nominale $d_n$ (mm)** | **Spessore di parete nominale (minimo) (mm)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **PN 6 bar** | **PN 10 bar** | **PN 16 bar** | **PN 20 bar** |
| 20 | - | - | 1,5 | 1,9 |
| 25 | | | 1,9 | 2,3 |
| 32 | | 1,6 | 2,4 | 2,9 |
| 40 | 1,5 | 1,9 | 3,0 | 3,7 |
| 50 | 1,6 | 2,4 | 3,7 | 4,6 |
| 63 | 2,0 | 3,0 | 4,7 | 5,8 |
| 75 | 2,3 | 3,6 | 5,6 | 6,8 |
| 90 | 2,8 | 4,3 | 6,7 | 8,2 |
| 110 | 2,7 | 4,2 | 6,6 | 8,1 |
| 125 | 3,1 | 4,8 | 7,4 | 9,2 |
| 140 | 3,5 | 5,4 | 8,3 | 10,3 |
| 160 | 4,0 | 6,2 | 9,5 | 11,8 |
| 180 | 4,4 | 6,9 | 10,7 | 13,3 |
| 200 | 4,9 | 7,7 | 11,9 | 14,7 |
| 225 | 5,5 | 8,6 | 13,4 | 16,6 |
| 250 | 6,2 | 9,6 | 14,8 | 18,4 |
| 280 | 6,9 | 10,7 | 16,6 | 20,6 |
| 315 | 7,7 | 12,1 | 18,7 | 23,2 |
| 355 | 8,7 | 13,6 | 21,1 | 26,1 |
| 400 | 9,8 | 15,3 | 23,7 | 29,4 |
| 450 | 11,0 | 17,2 | 26,7 | 33,1 |
| 500 | 12,3 | 19,1 | 29,7 | 36,8 |
| 630 | 15,4 | 24,1 | - | - |
| 710 | 17,4 | 27,2 | | |
| 800 | 19,6 | 30,6 | | |
| 900 | 22,0 | - | | |
| 1000 | 24,5 | | | |

### *44.2.1.5. Spessori di parete e relative tolleranze*

Gli spessori nominali di parete $e_n$ sono clssificati in base alle serie dei tubi *S*.

Lo spessore nominale di parete corrisponde allo spessore di parete minimo ammissibile.

Lo spessore nominale di parete deve essere conforme al prospetto 2 della norma **UNI EN 1452-2**, appropriato alla serie del tubo.

La tolleranza per lo spessore di parete medio $e_m$ deve essere conforme al prospetto 3 della norma **UNI EN 1452-2**.

#### *44.2.1.6. Estremità dei tubi per giunti con guarnizione o incollati*

Le estremità lisce dei tubi, da utilizzare con guarnizioni elastomeriche o con bicchieri incollati, devono essere smussate come illustrato in figura 3 della norma **UNI EN 1452-2**. I tubi a estremità lisce, da utilizzare per altri giunti incollati, non devono avere bordi acuminati come previsto dalla stessa norma.

#### *44.2.1.7. Guarnizioni di tenuta*

Il materiale impiegato per gli anelli di tenuta utilizzati nelle giunzioni dei tubi deve rispondere alla norma **UNI EN 681-1** e deve essere conforme alla classe appropriata. Le guarnizioni devono essere assolutamente atossiche secondo le normative cogenti (disciplina igienico sanitaria).
Il sistema di giunzione, per ciascuna classe di pressione (PN) presente nella fornitura, deve rispondere ai requisiti della norma **UNI EN 1452-5** ed essere testato secondo le norme:
**UNI EN ISO 13844** - *Guarnizioni elastomeriche per giunti a bicchiere per l'uso con tubi di PVC-U. Metodo di prova per la tenuta a pressioni negative*;
**UNI EN ISO 13845** - *Guarnizioni elastomeriche per giunti a bicchiere per l'uso con tubi di PVC-U. Metodo di prova per la tenuta alla pressione interna con deflessione angolare del giunto.*

#### *44.2.1.8. Marcatura*

I particolari della marcatura devono essere stampati o formati direttamente sul tubo a intervalli massimi di 1 m, in modo che dopo immagazzinamento, esposizione alle intemperie, maneggio e posa in opera, la leggibilità sia mantenuta durante l'uso del prodotto. La marcatura non deve provocare fessure o altri tipi di deterioramento del prodotto. Il colore delle informazioni stampate deve essere differente dal colore di base dei tubi. I caratteri della marcatura devono essere tali da essere leggibili senza ingrandimento.
La marcatura degli elementi eseguita in modo chiaro e durevole dovrà riportare almeno le seguenti indicazioni:
- numero della norma di sistema (**EN 1452**);
- nome del fabbricante e/o marchio commerciale;
- materiale;
- diametro esterno nominale $d_n$;
- spessore di parete $e_n$;
- pressione nominale PN1;
- informazioni del fabbricante;
- numero della linea di estrusione.

I tubi da impiegare specificamente per la distribuzione di acqua pubblica devono inoltre riportare una marcatura con la parola *acqua*.

### *44.2.2. Tubazioni per fognature e scarichi interrati non in pressione*

#### *44.2.2.1. Requisiti della materia prima dei tubi e dei raccordi*

Il materiale con il quale i tubi devono essere fabbricati consta di una mescola a base di polivinilcloruro e additivi necessari alla trasformazione.
Il PVC nei tubi deve essere almeno l'80% sulla mescola totale.
Il PVC nei raccordi deve essere almeno l'85% sulla mescola totale.
La formulazione deve garantire la prestazione dei tubi e dei raccordi nel corso dell'intera vita dell'opera. La quantità minima di resina PVC nel materiale costituente i tubi e i raccordi deve essere quella prescritta dalle norme di riferimento:
- tubi: contenuto di PVC $\geq$ 80% in massa verificato secondo la norma **UNI EN 1905** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi, raccordi e materiali di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Metodo di valutazione del contenuto di PVC in base al contenuto totale di cloro*;
- raccordi: contenuto di PVC $\geq$ 85% in massa verificato secondo la norma **UNI EN 1905** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi, raccordi e materiali di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Metodo di valutazione del contenuto di PVC in base al contenuto totale di cloro.*

Il contenuto minimo di PVC può essere verificato su campioni prelevati in tutte le fasi del processo (durante la

produzione, da magazzino, da cantiere).

**Tabella 44.9. Caratteristiche della materia prima in forma di tubo**

| Caratteristiche | Requisiti | Parametri di prova | | Metodo di prova |
|---|---|---|---|---|
| Contenuto di PVC | ≥ 80% in massa | Determinazione analitica del contenuto di PVC in base al contenuto di cloro totale | | UNI EN 1905 |
| Massa volumica | < 1,53 g/cm$^3$ | Prova: metodo per immersione | | ISO 1183 |
| Resistenza alla pressione interna | Nessun cedimento durante il periodo di prova | Chiusure di estremità | Tipo A o tipo B | UNI EN 921 |
| | | Temperatura di prova | 60 °C | |
| | | Orientamento | Libero | |
| | | Numero di provette | 3 | |
| | | Tensione circonferenziale | 10 MPa | |
| | | Tempo di condizionamento | 1 h | |
| | | Tipo di prova | Acqua in acqua | |
| | | Periodo di prova | 1000 h | |

### *44.2.2.2. Caratteristiche dei tubi*

I tubi in PVC-U a parete compatta devono avere classe di rigidità nominale SN 4 (kN/m$^2$), diametro, spessore e SDR come da progetto esecutivo conformi alla norma **UNI EN 1401-1** e classificati con codice d'applicazione U (interrati all'esterno della struttura dell'edificio) o UD (interrati sia entro il perimetro dell'edificio sia all'esterno di esso). Il sistema di giunzione a bicchiere deve essere con anello di tenuta in gomma conforme alla norma **UNI EN 681-1** e realizzato con materiale elastomerico.

### *44.2.2.3. Raccordi*

I raccordi in PVC-U a parete compatta devono avere una classe di rigidità nominale di minimo SN 4 (kN/m²), diametro e spessore come da elaborati progettuali, SDR max 41, conformi alla norma **UNI EN 1401-1** e classificati con codice d'applicazione U (interrati all'esterno della struttura dell'edificio) o UD (interrati sia entro il perimetro dell'edificio sia all'esterno di esso). Il sistema di giunzione a bicchiere deve essere con anello di tenuta in gomma conforme alla norma **UNI EN 681-1** e realizzato con materiale elastomerico.

### *44.2.2.4. Dimensioni dei tubi*

I tubi devono avere i diametri, gli spessori e le tolleranze rispondenti ai valori riportati nella norma **UNI EN 1401**, capitolo 6, prospetti n. 3, 4, 5 e 6. In particolare, gli spessori dovranno essere conformi alla tabella 44.10, le caratteristiche meccaniche dovranno essere conformi alla tabella 44.11 e le caratteristiche fisiche dovranno essere conformi alla tabella 44.12.

**Tabella 44.10. Dimensione dei tubi**

| Dimensione nominale ($d_n$/OD) | Diametro esterno nominale $d_n$ | SN2 SDR 51 | | SN4 SDR 41 | | SN 8 SDR 34 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *e* min | *e* max | *e* min | *e* max | *e* min | *e* max |
| 110 | 110 | - | - | 3,2 | 3,8 | 3,2 | 3,8 |
| 125 | 125 | - | - | 3,2 | 3,8 | 3,7 | 4,3 |
| 160 | 160 | 3,2 | 3,8 | 4,0 | 4,6 | 4,7 | 5,4 |
| 200 | 200 | 3,9 | 4,5 | 4,9 | 5,6 | 5,9 | 6,7 |
| 250 | 250 | 4,9 | 5,6 | 6,2 | 7,1 | 7,3 | 8,3 |
| 315 | 315 | 6,2 | 7,1 | 7,7 | 8,7 | 9,2 | 10,4 |
| 355 | 355 | 7,0 | 7,9 | 8,7 | 9,8 | 10,4 | 11,7 |
| 400 | 400 | 7,9 | 8,9 | 9,8 | 11,0 | 11,7 | 13,1 |
| 450 | 450 | 8,8 | 9,9 | 11,0 | 12,3 | 13,2 | 14,8 |
| 500 | 500 | 9,8 | 11,0 | 12,3 | 13,8 | 14,6 | 16,3 |
| 630 | 630 | 12,3 | 13,8 | 15,4 | 17,2 | 18,4 | 20,5 |
| 710 | 710 | 13,9 | 15,5 | 17,4 | 19,4 | - | - |
| 800 | 800 | 15,7 | 17,5 | 19,6 | 21,8 | - | - |
| 900 | 900 | 17,6 | 19,6 | 22,0 | 24,4 | - | - |
| 1000 | 1000 | 19,6 | 21,8 | 24,5 | 27,2 | - | - |

**Tabella 44.11. Caratteristiche meccaniche**

| Caratteristiche | Requisiti | Parametri di prova | | Metodi di prova |
|---|---|---|---|---|
| Resistenza all'urto | TIR ≤ 10% | Temperatura di prova | (0±1) °C | UNI EN 744 |
| | | Mezzo di condizionamento | Acqua o aria | |
| | | Tipo di percussore | d 90 | |
| | | Massa del percussore per: | | |
| | | $d_{em}$ = 110 mm | 1 kg | |
| | | $d_{em}$ = 125 mm | 1,25 kg | |
| | | $d_{em}$ = 160 mm | 1,6 kg | |
| | | $d_{em}$ = 200 mm | 2,0 kg | |
| | | $d_{em}$ = 250 mm | 2,5 kg | |
| | | $d_{em}$ > 315 mm | 3,2 kg | |
| | | Altezza di caduta del percussore per: | | |
| | | $d_{em}$ < 110 mm | 1600 mm | |
| | | $d_{em}$ > 110 mm | 2000 mm | |

**Tabella 44.12. Caratteristiche fisiche**

| Caratteristiche | Requisiti | Parametri di prova | Metodo di prova |
|---|---|---|---|
| Temperatura di rammollimento Vicat (VST) | > 79 °C | Conformi alla norma UNI EN 727 | UNI EN 727 |
| Ritiro longitudinale | ≤ 5% Il tubo non deve presentare bolle o screpolature | Temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - per $e$ ≤ 8 mm: 15 min; - per $e$ > 8 mm: 30 min. oppure: Temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - $e$ ≤ 4 mm: 30 min: 30 min; - 4 mm < $e$ ≤ 8 mm: 60 min; - $e$ > 16 mm: 120 min. | UNI EN 743. Metodo A: bagno liquido |
| | | | UNI EN 743. Metodo B: in aria |
| Resistenza al dicloro-metano a una temperatura specificata | Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta | Temperatura di prova: 150 °C Tempo di immersione: 30 min | UNI EN 580 |

*44.2.2.5. Marcatura*

La marcatura dei tubi deve essere, su almeno una generatrice, continua e indelebile, conforme ai requisiti della norma **UNI EN 1401** e contenere almeno con intervalli di massimo 2 m le seguenti informazioni:
- numero della norma: **UNI EN 1401**;
- codice d'area di applicazione: U e UD;
- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;
- indicazione del materiale (PVC-U);
- dimensione nominale ($d_n$/OD);
- spessore minimo di parete (SDR);
- rigidità anulare nominale (SN);
- informazioni del fabbricante (data e luogo di produzione ai fini della rintracciabilità).

*44.2.2.6. Sistema qualità e certificazioni*

La ditta produttrice deve essere in possesso di certificati di conformità alla norma **UNI EN ISO 9001** del proprio sistema di qualità aziendale, rilasciata secondo la norma **UNI CEI EN 45012** da società o enti terzi riconosciuti e accreditati Sincert.
La ditta produttrice deve essere in possesso di certificati di conformità del prodotto (marchio di qualità) sull'intera gamma fornita, rilasciati secondo la norma **UNI CEI EN 45011** da enti terzi o società riconosciuti e accreditati Sincert.
La ditta produttrice deve allegare alle consegne una dichiarazione di conformità alla norma con specifico riferimento al contenuto minimo di resina PVC ≥ 80% in massa per i tubi.

*44.2.3. Tubazioni per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati*

*44.2.3.1. Materiale di base*

I tubi e i raccordi devono essere realizzati con PVC-U e adeguati additivi.
Il contenuto di PVC deve essere maggiore o uguale all'80% per tubi e all'85% per i raccordi. Il valore di PVC deve essere determinato con metodo in base alla norma **UNI EN 1905**.
È ammesso l'utilizzo di materiale non vergine, secondo le modalità specificate dall'allegato A della norma **UNI EN 1329-1**.

*44.2.3.2. Codice dell'area di applicazione*

Nella marcatura, i tubi e i raccordi devono essere identificati dai seguenti codici, per indicare l'area di applicazione a cui sono destinati:
- codice B: per l'area di applicazione dei componenti destinati all'uso sopra terra all'interno degli edifici o per componenti all'esterno degli edifici fissati alle pareti;
- codice D: riferito a un'area sotto ed entro 1 m dall'edificio dove i tubi e i raccordi sono interrati e collegati al sistema di tubazione interrato per le acque di scarico;
- codice BD: riferito ai componenti destinati alle applicazioni in entrambe le aree B e D;
- codici U e UD: non sono compresi dalla norma **UNI EN 1329-1**. Per la relativa definizione si rimanda alla norma **UNI EN 1401-1**.

*44.2.3.3. Utilizzo*

La norma **UNI EN 1329-1** si applica ai tubi e ai raccordi di PVC-U, alle loro giunzioni e alle giunzioni con componenti di altri materiali plastici (marcati con B o BD) destinati ai seguenti utilizzi:
- tubazioni di scarico per acque domestiche a bassa e ad alta temperatura;
- tubi di ventilazione collegati agli scarichi di cui al punto precedente;
- scarichi di acque piovane all'interno della struttura dell'edificio.

I tubi e i raccordi possono essere utilizzati in due aree di applicazione, ovvero all'interno della struttura degli edifici (marcati con sigla B) e nel sottosuolo entro la struttura degli edifici (marcati con sigla BD). La lunghezza dei tubi non comprende il bicchiere.
Per l'uso di tubazioni interrate nell'area interna della struttura dell'edificio, si intendono solamente i componenti (marcati BD) con diametro esterno nominale uguale o maggiore di 75 mm.

*44.2.3.4. Caratteristiche geometriche*

Le caratteristiche geometriche sono le seguenti:
- il diametro esterno nominale è compreso tra 32-315 mm;
- l'ovalizzazione è $\leq 0{,}024\ d_n$;
- la lunghezza tubi è definita dal produttore (escluso il bicchiere);
- lo smusso della testata del tubo ha un angolo compreso tra i 15° e i 45°;
- lo spessore della parete varia in funzione del $d_n$ e dell'area di applicazione;
- la lunghezza, il diametro e gli spessori dei raccordi sono definiti dalla norma **UNI EN 1329-1**, in funzione del tipo di giunto da realizzare e dell'area di applicazione;
- i raccordi sono realizzati con curve, manicotti, riduzioni e deviatori, secondo figure definite.

*44.2.3.5. Caratteristiche meccaniche*

Le caratteristiche dei tubi sono identificate dalla resistenza all'urto e per aree fredde con urto a - 10 °C.

*44.2.3.6. Caratteristiche fisiche*

Le caratteristiche dei tubi sono identificate da:
- temperatura di rammollimento Vicat;
- ritiro longitudinale;
- resistenza di clorometano.

Le caratteristiche dei raccordi invece sono identificate da:
- temperatura di rammollimento Vicat;

- effetti calore.
Tali valori sono riassunti nella tabella 44.13.

**Tabella 44.13. Caratteristiche fisiche**

| Caratteristiche | Requisiti | Parametri di prova | | Metodo di prova |
|---|---|---|---|---|
| Temperatura di rammollimento Vicat (VST) | > 79 °C | Conformi alla norma **UNI EN** 727 | | **UNI EN** 727 |
| Ritiro longitudinale | ≤ 5% Il tubo non deve presentare bolle o screpolature | Temperatura di prova | 150 °C | **UNI EN** 743. Metodo A: bagno liquido |
| | | Tempo di immersione | 15 min | |
| | | oppure | | |
| | | Temperatura di prova | 150 °C | **UNI EN** 743. Metodo B: in aria |
| | | Tempo di immersione | 30 min | |
| Resistenza al dicloro-metano ad una temperatura specificata | Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta | Temperatura di prova | 15 °C | **UNI EN** 580 |
| | | Tempo di immersione | 30 min | |

*44.2.3.7. Aspetto e colore dei tubi*

I tubi all'esame visivo senza ingrandimento devono avere le superfici interne ed esterne lisce, pulite ed esenti da screpolature, cavità e altri difetti superficiali suscettibili di impedire la conformità alla presente norma. Il materiale non deve contenere alcuna impurità visibile senza ingrandimento. Le estremità dei tubi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse del tubo.
I tubi e i raccordi devono essere uniformemente colorati attraverso il loro intero spessore. Il colore raccomandato dei tubi e dei raccordi deve essere il grigio.

*44.2.3.8. Raccordi*

I raccordi possono essere realizzati con due sistemi di giunzione:
- bicchiere a guarnizione monolabbro;
- bicchiere a incollare.

*44.2.3.9. Guarnizioni di tenuta*

La guarnizione di tenuta non deve presentare effetti nocivi sulle proprietà del tubo e del raccordo e non deve provocare la non rispondenza dell'assemblaggio di prova ai requisiti del prospetto 21 della norma **UNI EN 1329-1**.
I materiali per le guarnizioni devono essere conformi alla norma **UNI EN 681**-1 o alla norma **UNI EN 681-2**, a seconda dei casi.
Le guarnizioni di elastomeri termoplastici (TPE) devono inoltre essere conformi ai requisiti prestazionali a lungo termine specificati nel prospetto 21 della norma **UNI EN 1329-1**.

*44.2.3.10. Adesivi*

Gli adesivi impiegati devono essere colle a solvente e devono essere specificati dal fabbricante dei tubi o dei raccordi o da un accordo tecnico di parte terza.
Gli adesivi non devono esercitare effetti nocivi sulle proprietà del tubo e del raccordo e non devono causare la mancata rispondenza dell'assemblaggio di prova ai requisiti previsti dal prospetto 21 della norma **UNI EN 1329-1**.

*44.2.3.11. Emissione di rumore*

I sistemi di tubazioni devono garantire un'emissione di rumore inferiore a quanto previsto dal D.P.C.M. 5 dicembre 1991, che per impianti a funzionamento discontinuo prevede un limite di 35 dB misurato in opera secondo la norma **UNI EN ISO 16032**. I sistemi di tubazioni devono essere realizzati con materiali che permettano la classificazione al fuoco secondo la norma **UNI EN 13051** e le relative euroclassi di reazione al fuoco. Garantiscono la posa a regola d'arte secondo quanto previsto da D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

*44.2.3.12. Procedura di controllo della produzione*

L'azienda produttrice deve esibire la procedura di controllo della produzione secondo la norma **UNI EN ISO 9001/2000** e con procedure assimilabili ed esibire certificazioni di qualità dei sistemi di tubazioni rilasciate da enti riconosciuti e qualificati Sincert.

*44.2.3.13. Marcatura*

La marcatura dei tubi deve essere continua e indelebile su almeno una generatrice e conforme ai requisiti della norma **UNI EN 1329-1**, e contenere con intervalli di massimo 1,00 m almeno le seguenti informazioni:
- numero della norma: **UNI EN 1329-1**;
- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;
- diametro nominale;
- spessore di parete minimo;
- materiale;
- codice dell'area di applicazione;
- rigidità anulare per l'area di applicazione BD;
- informazione del fabbricante.

Per impiego a basse temperature (simbolo del cristallo di ghiaccio), la marcatura dei raccordi deve contenere almeno le seguenti informazioni:
- numero della norma: **UNI EN 1329-1**;
- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;
- diametro nominale;
- angolo nominale;
- materiale;
- codice dell'area di applicazione;
- rigidità anulare nominale per applicazione nell'area BD.

La marcatura per incisione deve ridurre lo spessore per non più di 0,25 mm, in caso contrario, non deve essere ritenuta conforme.

NORME DI RIFERIMENTO

a) tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua:

**UNI EN 1452-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Generalità*;

**UNI EN 1452-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Tubi*;

**UNI EN 1452-3** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Raccordi*;

**UNI EN 1452-4** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Valvole e attrezzature ausiliarie*;

**UNI EN 1452-5** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Idoneità all'impiego del sistema*;

**UNI ENV 1452-6** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Guida per l'installazione*;

**UNI ENV 1452-7** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Guida per la valutazione della conformità*.

b) tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione:

**UNI EN 1401-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema*;

**UNI ENV 1401-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Guida per la valutazione della conformità*;

**UNI ENV 1401-3** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Guida per l'installazione*;

**UNI EN 13476-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato(PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali*;
**UNI EN 13476-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato(PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A*;
**UNI EN 13476-3** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato(PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B*;
**UNI CEN/TS 13476-4** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 4: Guida per la valutazione della conformità.*

c) tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati:
- parete piena:
**UNI EN 1329-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema*;
**UNI ENV 1329-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Guida per la valutazione della conformità*.
- parete strutturata:
**UNI EN 1453-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i tubi e il sistema*;
**UNI ENV 1453** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Guida per la valutazione della conformità.*

### *44.3. Tubazioni di fibrocemento*

#### *44.3.1. Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico per sistemi a gravità*

I tubi in fibrocemento devono essere costituiti principalmente da cemento o silicato di calcio rinforzato con fibre. Per le caratteristiche del cemento si rimanda alla norma **UNI ENV 197-1**.
La legge 27 marzo 1992, n. 257 - *Norme per la cessazione dell'impiego dell'amianto* - ha vietato la fabbricazione e l'impiego di manufatti d'amianto cemento, fissando severe disposizioni per lo smaltimento dei rifiuti di tale materiale, pertanto è consentito l'impiego solo di prodotti NT (tecnologia senza amianto).
I tubi potranno essere forniti con estremità lisce oppure con una liscia e l'altra a bicchiere.
I tubi sono classificati, secondo la resistenza minima alla compressione, in tre classi, in base al carico agente sulla superficie interna unitaria, che è di 60, 90 o 120 kN/m$^2$. In particolare, i carichi minimi di rottura devono essere conformi a quelli del prospetto 7 della norma **UNI EN 588-1**, valido per diametro nominale fino a 1000. Per diametri nominali superiori dovrà farsi riferimento a quanto riportato al punto 4.7.1 della norma **UNI EN 588-1**.
Per l'accettazione da parte del direttore dei lavori, i tubi devono essere privi di scheggiature, difetti di lavorazione e irregolarità.
La superficie interna dei tubi dovrà essere regolare e liscia.
I diametri nominali dovranno essere conformi a quelli indicati nel prospetto 1 della norma **UNI EN 588-1**.
La lunghezza nominale dei tubi dovrà corrispondere a quella indicata nel prospetto 2 della norma **UNI EN 588-1**.

*44.3.2. Marcatura e denominazione*

La marcatura sul tubo richiesta dal punto 4.1.1 della norma **UNI EN 588-1** dovrà essere durevole.
Essa deve contenere come minimo:
- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- produttore;
- data di produzione;
- classe;
- serie (se necessario);
- certificazione organismo di controllo;
- sigla NT.

La denominazione dei tubi e degli accessori dovrà riportare:
- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- lunghezza;
- serie (se necessario);
- sigla NT.

In particolare, per i giunti la marcatura dovrà riportare:
- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- produttore;
- data di produzione;
- classe;
- sigla NT.

*44.3.3. Giunti, raccordi e guarnizioni*

I giunti per i tubi potranno essere a bicchiere o a manicotto. I giunti e i raccordi devono presentare caratteristiche non inferiori a quelle dei corrispondenti tubi. Le parti dei giunti non di fibrocemento devono soddisfare le norme vigenti per i relativi materiali.
I giunti devono resistere a una pressione idrostatica interna o esterna di 100 ± 10 kPa. I giunti, durante la prova di tenuta, non devono manifestare perdite o trasudamento.
Le guarnizioni elastiche di tenuta, realizzate a base di gomma naturale o sintetica, devono essere conformi alle prescrizioni della norma **UNI EN 681-1** (elementi di tenuta in elastomero) o di altra specifica normativa emanata sull'argomento.

*44.3.4. Controllo della qualità*

I prodotti, con riferimento al punto 7 della norma **UNI EN 588-1**, devono essere sottoposti alle seguenti procedure di controllo:
- controllo iniziale dei prodotti (punto 7.2 della norma **UNI EN 588-1**);
- controllo interno della qualità (punto 7.3 della norma **UNI EN 588-1**);
- controllo effettuato da idoneo istituto di controllo esterno (punto 7.4 della norma **UNI EN 588-1**).

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 588-1** - *Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico. Tubi, raccordi e accessori per sistemi a gravità*;
**UNI EN 588-2** - *Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico. Pozzetti e camere di ispezione*;
**UNI EN 681-1** - *Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Parte 1: Gomma vulcanizzata*;
**UNI EN 681-2** - *Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Parte 2: Elastomeri termoplastici*;
**UNI EN 681-3** - *Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Parte 3: Materiali cellulari di gomma vulcanizzata*;

**UNI EN 681-4** - *Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Parte 4: Elementi di tenuta di poliuretano colato*.

### *44.4. Tubi in polietilene (PE)*

#### *44.4.1. Polietilene*

La norma **UNI EN 1519-1** specifica i requisiti per i tubi, i raccordi e il sistema di tubazioni di polietilene (PE) nel campo degli scarichi:
- all'interno della struttura dei fabbricati (marcati B);
- nei fabbricati, sia nel sottosuolo entro la struttura del fabbricato (marcati BD).

La norma è applicabile ai tubi e ai raccordi di PE di seguito indicati:
- a estremità liscia;
- con bicchiere munito di guarnizione elastomerica;
- per giunti per fusione di testa;
- per giunti elettrofusi;
- per giunti meccanici.

##### *44.4.1.1. Composizione del PE*

La composizione per tubi e raccordi deve essere costituita da materiale di base polietilene (PE), al quale possono essere aggiunti gli additivi necessari per facilitare la fabbricazione dei componenti conformi ai requisiti della norma **UNI EN 1519-1**. Per esigenze della normativa antincendio possono essere impiegati anche altri additivi.
I raccordi fabbricati o le parti di raccordi fabbricati devono essere realizzati partendo da tubi e/o stampati conformi, tranne che per i requisiti dello spessore di parete e/o stampati di PE conformi alle caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale, come richiesto dalla norma **UNI EN 1519-1**.

##### *44.4.1.2. Codice dell'area di applicazione*

Nella marcatura i tubi e i raccordi devono essere identificati dai seguenti codici per indicare l'area di applicazione a cui sono destinati (**UNI EN 1519-1**):
- codice B: per l'area di applicazione all'interno del fabbricato e all'esterno per elementi fissati alle pareti;
- codice D: per l'area di applicazione al disotto del fabbricato ed entro 1 m di distanza dal fabbricato per tubi e raccordi interrati e collegati al sistema di scarico del fabbricato;
- codice BD: riferito ad applicazioni in entrambe le aree d'applicazione B e D.

##### *44.4.1.3. Aspetto e colore dei tubi*

I tubi all'esame visivo senza ingrandimento devono avere le superfici interne ed esterne lisce, pulite ed esenti da screpolature, cavità e altri difetti superficiali suscettibili di impedire la conformità alla presente norma. Il materiale non deve contenere alcuna impurità visibile senza ingrandimento. Le estremità dei tubi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse del tubo.
I tubi e i raccordi devono essere uniformemente colorati attraverso il loro intero spessore. Il colore raccomandato dei tubi e dei raccordi è il nero.

##### *44.4.1.4. Spessore di parete*

Lo spessore di parete *e* deve essere conforme rispettivamente ai prospetti 3 e 4 della norma **UNI EN 1519-1**, nei quali per la serie metrica è ammesso uno spessore di parete massimo, in un punto qualsiasi, fino a 1,25 $e_{min}$, purché lo spessore di parete medio $e_m$ sia minore o uguale a quello specificato, $e_{m,max}$.

##### *44.4.1.5. Tipi di raccordo*

La norma **UNI EN 1519-1** si applica ai seguenti tipi di raccordo (ma ne sono ammessi anche altri tipi):
- curve, per le quali gli angoli nominali preferenziali *a* dovrebbero essere da 15°, 22,5°, 30°, 45°, 67,5°, 80° oppure compresi tra 87,5° e 90°. Le curve possono essere:
- senza o con raggio di curvatura (**ISO 265**);
- codolo/bicchiere e bicchiere/bicchiere;

- a segmenti saldati di testa.
- diramazioni e diramazioni ridotte (diramazioni singole o multiple), per le quali L'angolo nominale fissato *a* dovrebbe essere da 45°, 67,5°, oppure compreso tra 87,5° a 90°. Esse possono avere:
- angolo senza o con raggio di curvatura (**ISO 265-1**);
- codolo/bicchiere e bicchiere/bicchiere.
- riduzioni;
- raccordi di accesso.Il diametro interno del foro per pulizia deve essere specificato dal fabbricante;
- manicotti:
- a doppio bicchiere;
- collare per riparazioni.
- bicchiere per saldatura testa a testa per tubo con estremità lisce;
- tappi.

*44.4.1.6. Marcatura e denominazione*

La marcatura sul tubo richiesta dai punti 11.1 e 11.2 della norma **UNI EN 1519-1** deve essere durevole.
Essa deve contenere come minimo:
- normativa di riferimento **UNI EN 1519-1**;
- dimensione nominale;
- spessore minimo di parete;
- materiale;
- codice dell'area di applicazione;
- serie di tubo per l'area di applicazione BD;
- tipo di bicchiere;
- informazioni del produttore.

La marcatura dei raccordi deve contenere:
- numero della norma **UNI EN 1519-1**;
- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;
- dimensione nominale;
- angolo nominale;
- materiale,
- codice dell'area di applicazione;
- spessore minimo di parete o serie di tubi per l'area di applicazione BD;
- tipo di bicchiere;
- informazioni del fabbricante.

*44.4.1.7. Norme di riferimento*

a) tubazioni di materia plastica per scarichi:
**UNI EN 1519-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polietilene (PE). Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema*;
**UNI ENV 1519-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polietilene (PE). Guida per la valutazione della conformità*;
**UNI EN 13476-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali*;
**UNI EN 13476-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato(PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A*;
**UNI EN 13476-3** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato(PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B*;

**UNI CEN/TS 13476-4** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 4: Guida per la valutazione della conformità.*

### *44.4.2. Polietilene reticolato (PE-X)*

I tubi di polietilene reticolato sono ottenuti con reticolazione con perossidi, silani, radiazioni ionizzanti o azocomposti, da utilizzarsi per il convogliamento di fluidi caldi alimentari o non alimentari in pressione e con temperature fino a 80 °C.
I tubi di polietilene reticolato (PE-X) possono essere utilizzati nella realizzazione degli impianti di distribuzione dell'acqua potabile (calda e fredda).
Negli impianti sanitari, i tubi di PE-X devono essere installati all'interno di una guaina (tubo corrugato) di colore rosso o blu per poter individuare con facilità la tipologia del circuito e per poter rimpiazzare rapidamente e senza difficoltà tratti di tubazione danneggiati.
Le curvature più strette, le diramazioni o i collegamenti devono essere realizzati con raccordi meccanici, poiché il PE-X non è fusibile né incollabile.
I raccordi meccanici per tubi di PE-X possono essere di due tipologie e cioè ad avvitamento o a compressione (*press-fitting*).
I raccordi ad avvitamento devono essere realizzati in ottone o acciaio inox. La tenuta idraulica deve essere assicurata dalle guarnizioni poste sulla bussola stessa.
I raccordi a compressione (*press-fittings*) devono essere composti dal corpo del raccordo realizzato in ottone, acciaio inox o in materiale sintetico (tecnopolimeri) e da una bussola di tenuta in acciaio inox. La tenuta idraulica è assicurata dalla pressione esercitata dal tubo contro le guarnizioni poste sul corpo del raccordo.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 9338** - *Tubi di polietilene reticolato (PE-X) per il trasporto di fluidi industriali*;
**UNI 9349** - *Tubi di polietilene reticolato (PE-X) per condotte di fluidi caldi sotto pressione. Metodi di prova.*

### *44.5. Tubi in polipropilene (PP)*

I tubi in polipropilene possono essere impianti di distribuzione di acqua calda e fredda nell'edilizia civile e industriale, impianti di riscaldamento e scarichi.
Nel caso di utilizzo di fluidi alimentari o acqua potabile, dovrà impiegarsi il tipo 312, in grado di sopportare, in pressione, temperature fino 100 °C. In generale, per le pressioni di esercizio in funzione della temperatura e della pressione nominale si rimanda a quanto prescritto dalla norma **UNI EN ISO 15874-2**.
Tutti i tubi dovranno essere permanentemente marcati in maniera leggibile lungo la loro lunghezza.

### *44.5.1. Aspetto*

Quando osservate senza ingrandimento, le superfici interne ed esterne dei tubi e dei raccordi dovranno essere lisce, pulite e prive di cavità, bolle, impurezze e qualsiasi altra irregolarità superficiale che possa influire sulla conformità alla norma. Le estremità dei tubi dovranno essere tagliate in modo netto e perpendicolarmente all'asse del tubo.

### *44.5.2. Marcatura*

Tutti i tubi e i raccordi dovranno essere permanentemente marcati in maniera leggibile lungo la loro lunghezza.

### *44.5.3. Stoccaggio, movimentazione e trasporto*

Durante la movimentazione e il trasporto delle tubazioni, dovranno essere prese tutte le necessarie precauzioni per evitarne il danneggiamento. I tubi non dovranno venire in contatto con oggetti taglienti e, quando scaricati, non dovranno essere gettati, lasciati cadere o trascinati a terra.
I tubi dovranno essere stoccati su superfici piane e pulite e in cataste ordinate e di altezza tale da evitare deformazioni e danneggiamenti, con particolare attenzione ai bicchieri dei tubi.
Si dovranno prendere le necessarie precauzioni quando si maneggiano e si installano le tubazioni a temperature inferiori a 0 °C.

NORME DI RIFERIMENTO

a) installazioni di acqua calda e fredda:

**UNI EN ISO 15874-1** - *Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Polipropilene (PP). Parte 1. Generalità*;

**UNI EN ISO 15874-2** - *Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Polipropilene (PP). Parte 2. Tubi*;

**UNI EN ISO 15874-3** - *Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Polipropilene (PP). Parte 3. Raccordi*;

**UNI EN ISO 15874-5** - *Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Polipropilene (PP). Parte 5. Idoneità all'impiego del sistema*;

**UNI CEN ISO/TS 15874-7** - *Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Polipropilene (PP). Parte 7. Guida per la valutazione della conformità.*

b) scarichi (a bassa e a alta temperatura) all'interno dei fabbricati:

**UNI EN 1451-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polipropilene (PP). Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema*;

**UNI ENV 1451-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polipropilene (PP). Guida per la valutazione della conformità*;

**UNI EN 13476-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali*;

**UNI EN 13476-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A*;

**UNI EN 13476-3** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato(PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B*;

**UNI CEN/TS 13476-4** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 4: Guida per la valutazione della conformità.*

### *44.6. Tubi in polietilene (PE)*

I tubi di polietilene (PE), raccordi e valvole, a loro giunzioni e a giunzioni con componenti di altri materiali devono utilizzarsi alle seguenti condizioni (**UNI EN 12201-1)**:

- pressione massima operativa MOP, fino a 25 bar;
- temperatura di esercizio di riferimento di 20 °C.

Possono essere impiegati tubi di polietilene dei tipi PE 80 e PE 100.

I materiali di cui sono composti i tubi devono essere conformi ai requisiti specificati nella norma **EN 12201-1**.

#### *44.6.1. Caratteristiche dei tubi*

Le superfici esterne e interne dei tubi, se osservate senza ingrandimento, devono essere lisce, pulite ed esenti da rigature, cavità e altri difetti superficiali che possano influire sulla conformità del tubo alla norma **UNI EN 12201-2**. Le estremità del tubo devono risultare tagliate in modo netto e perpendicolarmente all'asse del tubo.

I tubi devono essere di colore blu o neri con strisce blu.

#### *44.6.2. Tubi in rotoli*

I tubi forniti in rotoli devono essere arrotolati in modo che siano impedite deformazioni localizzate come, per

esempio, le instabilità locali (imbozzamenti) e le torsioni (attorcigliamenti).

### *44.6.3. Diametro medio esterno e scostamento dalla circolarità (ovalizzazione)*

Il diametro medio esterno $d_{em}$ e lo scostamento dalla circolarità (ovalizzazione) devono essere conformi al prospetto 1 della norma **UNI EN 12201-2**.
Lo spessore di parete deve essere conforme al prospetto 2 della stessa norma.

**Tabella 44.14. Diametri e spessori dei tubi in PE**

| Diametro | Diametro esterno medio | | Pressioni nominali | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | min | max | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 |
| 10 | 10,0 | 10,3 | - | - | - | - | 2,0 |
| 12 | 12,0 | 12,3 | - | - | - | - | 2,0 |
| 16 | 16,0 | 16,3 | - | - | - | 2,0 | 2,3 |
| 20 | 20,0 | 20,3 | - | - | - | 2,0 | 2,8 |
| 25 | 25,0 | 25,3 | - | - | 2,0 | 2,3 | 3,5 |
| 32 | 32,0 | 32,3 | - | - | 2,0 | 3,0 | 4,5 |
| 40 | 40,0 | 40,4 | - | 2,0 | 2,3 | 3,7 | 5,6 |
| 50 | 50,0 | 50,5 | - | 2,0 | 2,0 | 3,7 | 5,6 |
| 63 | 63,0 | 63,6 | 2,0 | 2,5 | 3,6 | 5,8 | 8,7 |
| 75 | 75,0 | 75,7 | 2,0 | 2,9 | 4,3 | 6,9 | 10,4 |
| 90 | 90,0 | 90,9 | 2,2 | 3,5 | 5,1 | 8,2 | 12,5 |
| 110 | 110,0 | 110,0 | 2,7 | 4,3 | 6,3 | 10,0 | 15,2 |
| 125 | 125,0 | 126,2 | 3,1 | 4,9 | 7,1 | 11,4 | 17,3 |
| 140 | 140,0 | 141,3 | 3,5 | 5,4 | 8,0 | 12,8 | 19,4 |
| 160 | 160,0 | 161,5 | 3,9 | 6,2 | 9,1 | 14,6 | 22,1 |
| 180 | 180,0 | 181,7 | 4,4 | 7,0 | 10,2 | 16,4 | 24,9 |
| 200 | 200,0 | 201,8 | 4,9 | 7,7 | 11,4 | 18,2 | 27,6 |
| 225 | 225,0 | 227,1 | 5,5 | 8,7 | 12,8 | 20,5 | 31,1 |
| 250 | 250,0 | 252,3 | 6,1 | 9,7 | 14,2 | 22,8 | 34,5 |
| 280 | 280,0 | 282,6 | 6,9 | 10,8 | 15,9 | 25,5 | - |
| 315 | 315,0 | 317,9 | 7,7 | 12,2 | 17,9 | 28,7 | - |
| 355 | 355,0 | 358,2 | 8,7 | 13,7 | 20,1 | 32,3 | - |
| 400 | 400,0 | 403,6 | 9,8 | 15,4 | 22,7 | 36,4 | - |
| 450 | 450,0 | 454,1 | 11,0 | 17,4 | 25,5 | 41,0 | - |
| 500 | 500,0 | 504,5 | 12,2 | 19,3 | 28,3 | - | - |

### *44.6.4. Marcatura*

Tutti i tubi della fornitura devono essere permanentemente marcati in maniera leggibile lungo la loro lunghezza, in modo tale che la marcatura non dia inizio a fessurazioni oppure ad altri tipi di rotture premature, e che l'usuale stoccaggio, l'esposizione alle intemperie, la movimentazione, l'installazione e l'uso non danneggino la leggibilità del marchio.
In caso di stampa, il colore dell'informazione stampata deve differire dal colore base del tubo.
La marcatura minima dovrà riportare (**UNI EN 12201-2)**:
- numero della norma **UNI EN 12201**;
- identificazione del fabbricante (nome e simbolo);
- dimensioni ($d_n \cdot e_n$);
- serie SDR;
- materiale e designazione (PE 80 o PE 100);
- classe di pressione in bar;
- periodo di produzione (data o codice).

### *44.6.5. Norme di riferimento*

**UNI EN 12201-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (PE). Generalità*;
**UNI EN 12201-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (PE). Tubi*;
**UNI EN 12201-3** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (PE).*

*Raccordi*;
**UNI EN 12201-4** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (PE). Valvole*;
**UNI EN 12201-5** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (PE). Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema*;
**UNI CEN/TS 12201-7** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (PE). Parte 7: Guida per la valutazione della conformità*;
**UNI ISO/TR 7474** - *Tubi e raccordi di polietilene ad alta densità (PEad). Resistenza chimica nei confronti dei fluidi*;
**UNI EN 12106** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi di polietilene (PE). Metodo di prova per la resistenza alla pressione interna dopo applicazione di schiacciamento*;
**UNI EN 12119** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Valvole di polietilene (PE). Metodo di prova per la resistenza ai cicli termici*.

### *44.7. Installazione di tubi in PVC-U, in polietilene PE e in polipropilene PP*

Per le installazioni sopra terra, si dovrà tenere conto delle variazioni dimensionali.
Le tubazioni dovranno essere installate in modo da comportare nel sistema il minimo sforzo possibile dovuto alle espansioni e alle contrazioni.

#### *44.7.1. Giunzioni ad anello elastomerico*

I tubi dovranno essere forniti con idonei anelli elastomerici, al fine di assicurare la tenuta delle giunzioni.
Se gli anelli elastomerici non sono già posizionati nel tubo, al momento dell'installazione della tubazione e prima del loro posizionamento, si dovrà procedere alla pulizia della loro sede ed eventualmente alla lubrificazione in conformità alle istruzioni del fornitore.
Nel caso i tubi vengano tagliati in cantiere, il taglio dovrà essere perpendicolare all'asse e si dovrà effettuare lo smusso del codolo.
I codoli dovranno essere inseriti nei bicchieri fino alla linea di riferimento (se presente) evitando contaminazioni.
Nel caso di utilizzo di giunzioni ad anello elastomerico che non sopportano sforzi assiali, la separazione della giunzione nella applicazioni sotto il suolo dovrà essere prevenuta mediante blocchi di ancoraggio in cemento. Sopra il suolo invece dovranno essere utilizzate apposite staffe di ancoraggio.

#### *44.7.2. Giunzioni a incollaggio*

Per la giunzione delle tubazioni mediante incollaggio dovranno essere seguite le istruzioni del fornitore e le seguenti:
- nel caso i tubi vengano tagliati in cantiere, il taglio dovrà essere perpendicolare alle estremità e si dovrà effettuare lo smusso del codolo;
- assicurarsi che le superfici da giuntare siano pulite e asciutte;
- applicare l'adesivo in modo uniforme e in direzione longitudinale;
- procedere, nei tempi specificati dal fornitore, alla giunzione delle estremità;
- rimuovere i residui di adesivo;
- lasciare asciugare per almeno cinque minuti;
- non sottoporre la tubazione alla pressione interna prima di quanto indicato dal fornitore.

#### *44.7.3. Giunzioni per saldatura*

Prima di procedere alla saldatura si dovrà verificare che le superfici delle tubazioni da saldare di testa siano tagliate perpendicolarmente all'asse, prive di difetti e pulite.
La saldatura dovrà essere effettuata seguendo le istruzioni del fabbricante da personale adeguatamente formato e utilizzando idonee apparecchiature.
In ogni caso, le giunzioni e le curvature delle tubazioni in PVC-U non dovranno mai essere realizzate per saldatura o comunque per mezzo del calore.

### *44.8. Tubi e raccordi in ghisa sferoidale*

I tubi e i raccordi in ghisa sferoidale secondo la norma **UNI EN 545** presentano i seguenti diametri nominali ($d_n$): 40, 50, 60, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000.

Per agevolare l'intercambiabilità tra le forniture di diversi produttori, le tolleranze sul diametro esterno devono rispettare secondo il tipo le norme **UNI 9163** e **UNI 9164**.

Per le tolleranze di ovalizzazione relative alle estremità lisce dei tubi e dei raccordi, la norma **UNI EN 545** prescrive:

- di attenersi ai limiti di tolleranza del prospetto 14 della citata norma per i tubi aventi $d_n$ 40÷200;
- una tolleranza ≤ 1% per tubi aventi $d_n$ 250÷600 e ≤ 2% per tubi aventi $d_n$ > 600.

I tubi in ghisa devono essere forniti secondo il prospetto 3 della norma **UNI EN 545**, con i seguenti scostamenti ammissibili rispetto alla lunghezza unificata:

- lunghezza unificata 8,15 m = ± 150 mm;
- altre lunghezze unificate = ± 100 mm.

Le tolleranze sulle lunghezze dei tubi secondo la norma **UNI EN 545** (prospetto 6) sono:

- tubi con bicchiere ed estremità liscia: ± 30 mm;
- raccordi con giunti a bicchiere: ± 20 mm;
- tubi e raccordi per giunti a flangia: ± 10 mm.

La lunghezza utile del tubo è quella del tubo escluso il bicchiere.

Per i tubi e i raccordi lo spessore di parete dovrà essere riferito al diametro nominale ($d_n$). Le classi di spessore unificate sono riportate nel prospetto 9 della norma **UNI EN 545**.

#### *44.8.1. Norme di riferimento*

**UNI EN 545** - *Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua. Requisiti e metodi di prova*;

**UNI EN 598** - *Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro giunti per fognatura. Requisiti e metodi di prova*;

**UNI 9163** - *Tubi, raccordi e pezzi accessori di ghisa a grafite sferoidale per condotte in pressione. Giunto elastico automatico. Dimensioni di accoppiamento e accessori di giunto*;

**UNI 9164** - *Tubi, raccordi e pezzi accessori di ghisa a grafite sferoidale per condotte in pressione. Giunto elastico a serraggio meccanico. Dimensioni di accoppiamento e accessori di giunto*;

**UNI EN 12729** - *Dispositivi per la prevenzione dell'inquinamento da riflusso dell'acqua potabile. Disconnettori controllabili con zona a pressione ridotta, famiglia B, tipo A.*

#### *44.8.2. Rivestimento interno*

Tutti i tubi, raccordi e pezzi accessori per condotte in ghisa sferoidale devono essere rivestiti all'interno e all'esterno. I tubi dopo la centrifugazione saranno ricotti, zincati esternamente e rivestiti all'interno con malta e infine ricoperti all'esterno con vernici bituminose.

Per le condotte d'acqua il rivestimento interno, secondo la norma **UNI EN 545**, può essere realizzato con malta di cemento di altoforno o alluminoso applicata per centrifugazione, poliuretano e vernice bituminosa.

RIVESTIMENTO ESTERNO

Il rivestimento esterno ha la funzione di assicurare una protezione duratura contro l'aggressività chimica dei terreni.

I rivestimenti esterni dei tubi, secondo la norma **UNI EN 545**, devono essere costituiti da zinco con uno strato di finitura di prodotto bituminoso o di resina sintetica. La direzione dei lavori si riserva di accettare tubi con rivestimenti esterni in nastri adesivi, malta di cemento con fibre, poliuretano, polipropilene estruso, polietilene estruso e rivestimento con manicotto di polietilene.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 14628** - *Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale. Rivestimento esterno di polietilene per tubi.*

*Requisiti e metodi di prova*;
**UNI EN 15189** - *Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale. Rivestimento esterno di poliuretano dei tubi. Requisiti e metodi di prova*;
**UNI EN 15542** - *Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale. Rivestimento esterno di malta cementizia per tubi. Requisiti e metodi di prova.*

*44.10.2.1.1 Protezione esterna in polietilene*

Prima del manicottaggio, i tubi e i raccordi devono essere il più asciutti e puliti possibile, evitando in particolare la presenza di terra tra il tubo e il manicotto.
Il manicotto in polietilene (**UNI EN 14628**) deve essere applicato perfettamente sulla condotta con opportune piegature e legature. La piega deve sempre essere realizzata sulla generatrice superiore del tubo, al fine di limitare i possibili rischi di danneggiamento del manicotto durante il rinterro. È vietato l'impiego di manicotti strappati. I manicotti con piccoli strappi devono essere riparati con nastro adesivo. Quelli con strappi più grandi invece devono essere riparati con pezzi di manicotto supplementari in grado di ricoprire tutta la zona danneggiata.
Il rivestimento realizzato dal manicotto della canna e dal manicotto del giunto deve assicurare la continuità totale della protezione.

### *44.8.3. Raccordi*

I raccordi in ghisa sferoidale devono essere conformi alle norme **UNI EN 598** e/o **UNI EN 545**.
I raccordi per condotte in pressione devono essere sottoposti in stabilimento a collaudo effettuato con aria a una pressione di 1 bar oppure ad altra prova di tenuta equivalente (**UNI EN 598**).
Devono inoltre avere le estremità a bicchiere per giunzioni automatiche a mezzo anelli in gomma oppure a flangia.

### *44.8.4. Requisiti di accettazione*

I tubi, i raccordi e i pezzi accessori per condotte non devono presentare alcun difetto o aver subito durante la movimentazione danneggiamenti che possano nuocere al loro impiego.
I tubi, i raccordi e i pezzi accessori per condotte che presentino piccole imperfezioni, inevitabili per i processi di fabbricazione, e che non nuociano in alcun modo al loro impiego o che abbiano subito danneggiamenti durante la movimentazione o in caso di incidenti potranno essere accettati previa riparazione e benestare del committente. La riparazione di alcuni difetti o danni dovrà essere eseguita con i metodi appropriati indicati dal produttore.

#### *44.8.4.1. Valvole*

Le valvole a saracinesca flangiate per condotte d'acqua devono essere conformi alle norme **UNI EN 1074-1** e **UNI EN 1074-2.**
Le valvole disconnettrici a tre vie contro il ritorno di flusso e zone di pressione ridotta devono essere conformi alla norma **UNI EN 12729**.
Le valvole di sicurezza per apparecchi in pressione devono rispondere alla norma **UNI EN ISO 4126-1**.
La rispondenza alle norme predette deve essere comprovata da dichiarazione di conformità, completata con dichiarazioni di rispondenza alle caratteristiche specifiche previste dal progetto.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 1074-1** - *Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Requisiti generali*;
**UNI EN 1074-2** - *Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Valvole di intercettazione*;
**UNI EN 1074-2** - *Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Parte 2: Valvole di intercettazione*;
**UNI EN 1074-3** - *Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove di verifica idonee. Valvole di ritegno*;

**UNI EN 1074-4** - *Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Sfiati d'aria*;
**UNI EN 1074-5** - *Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Valvole di regolazione*;
**UNI EN 1074-6** - *Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di idoneità all'impiego e prove idonee di verifica. Parte 6: Idranti*;
**UNI EN ISO 4126-**1 - *Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 1: Valvole di sicurezza*;
**UNI EN ISO 4126-2** - *Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Dispositivi di sicurezza a disco di rottura*;
**UNI EN ISO 4126-3** - *Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 3: Valvole di sicurezza in combinazione con dispositivi di sicurezza a disco di rottura*;
**UNI EN ISO 4126-4** - *Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 4: Valvole di sicurezza comandate da pilota*;
**UNI EN ISO 4126-5** - *Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 5: Sistemi di sicurezza controllati (CSPRS*);
**UNI EN ISO 4126-6** - *Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 6: Applicazione, selezione e installazione dei dispositivi di sicurezza a disco di rottura*;
**UNI EN ISO 4126-7** - *Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 7: Dati comuni.*

#### *44.8.5. Marcatura dei tubi e dei raccordi*

La marcatura dei tubi dovrà essere eseguita con prodotti indelebili e apposta nella zona centrale dei manufatti, e dovrà comprendere:
- indicazioni che devono essere ottenute direttamente nella fusione del getto:
- designazione GS;
- numero di matricola;
- classificazione delle flange secondo la PN (eventuale);
- marchio di fabbrica del produttore;
- anno di fabbricazione;
- diametro nominale ($d_n$).
- indicazioni che possono essere applicate con qualsiasi metodo (pitturazione) o sull'imballaggio:
- norma UNI di riferimento;
- certificazione rilasciata da terzi (eventuale);
- designazione della classe di spessore dei tubi centrifugati (quando diversa da K 9).

### *44.9. Tubi multistrato*

I tubi multistrato devono avere l'anima di alluminio saldato a sovrapposizione in senso longitudinale, in cui sono coestrusi all'interno e all'esterno due strati di polietilene (PE). Tutti gli strati sono uniti tra loro in modo durevole per mezzo di uno strato adesivo intermedio.
I raccordi devono essere conformi al D.M. n. 174 del 6 aprile 2004.

#### *44.9.1. Norme di riferimento*

**UNI 10876** - *Alluminio e leghe di alluminio. Tubi multistrato di alluminio saldato e polietilene per adduzione fluidi*;
**UNI 10954-1** - *Sistemi di tubazioni multistrato metallo-plastici per acqua fredda e calda. Parte 1: Tubi*;
**UNI 10954-2** - *Sistemi di tubazioni multistrato metallo-plastici per acqua fredda e calda. Raccordi.*

# Capitolo 6. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE EDILIZIE

## Art. 45. **Scavi a sezione obbligata e sbancamenti in generale**

### 45.1. Generalità

Per gli scavi di sbancamento generale e/o per quelli a sezione obbligata e per la formazione dei rinterri e dei rilevati si farà riferimento esclusivamente ai disegni di progetto esecutivo e alle ulteriori prescrizioni della direzione dei lavori.

### *45.2. Ricognizione*

L'appaltatore prima di eseguire gli scavi o gli sbancamenti previsti deve verificare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc. eventualmente non indicati (o indicati erroneamente) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori in appalto.

### *45.3. Smacchiamento dell'area*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per lo smacchiamento generale della zona interessata dai lavori, ivi incluso il taglio di alberi, di siepi e l'estirpazione di eventuali ceppaie.
La terra vegetale eventualmente asportata per la profondità preventivamente concordata con la direzione dei lavori non dovrà essere mescolata con il terreno sottostante. La terra vegetale deve essere accumulata in cantiere nelle aree indicate dalla direzione dei lavori.

### *45.4. Riferimento ai disegni di progetto esecutivo*

Per gli scavi di sbancamento generale e/o per quelli a sezione obbligata e per la formazione dei rinterri e dei rilevati si farà riferimento esclusivamente ai disegni di progetto esecutivo e alle prescrizioni della direzione dei lavori.

### *45.5. Splateamento e sbancamento*

Nei lavori di splateamento o di sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 150 cm, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.
Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo o per altri motivi siano da temere frane o scoscendimenti, si deve predisporre alla necessaria armatura o al consolidamento del terreno.

### *45.6. Scavi a sezione obbligata*

Gli scavi a sezione obbligata devono essere effettuati fino alle profondità indicate nel progetto esecutivo con le tolleranze ammesse.
Gli scavi a sezione obbligata eventualmente eseguiti oltre la profondità prescritta devono essere riportati al giusto livello con calcestruzzo magro o sabbione, a cura e a spese dell'appaltatore.
Eventuali tubazioni esistenti che devono essere abbandonate dovranno essere rimosse dall'area di scavo di fondazione.
Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 150 cm, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.
I sistemi di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 cm.
Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbriche o manufatti le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.

### *45.7. Scavi in presenza d'acqua*

Sono definiti *scavi in acqua* quelli eseguiti in zone del terreno dove la falda acquifera, pur ricorrendo a opere provvisionali di eliminazione per ottenere un abbassamento della falda, sia costantemente presente a un livello di almeno 20 cm dal fondo dello scavo.
Nel prosciugamento è opportuno che la superficie freatica si abbassi oltre la quota del fondo dello scavo per un tratto di 40-60 cm inversamente proporzionale alla granulometria del terreno in esame.

#### *45.7.1. Pompe di aggottamento*

Le pompe di aggottamento (o di drenaggio) devono essere predisposte dall'appaltatore in quantità, portata e prevalenza sufficienti a garantire nello scavo una presenza di acqua di falda inferiore a 20 cm e in generale per scavi poco profondi.
L'impiego delle pompe di aggottamento potrà essere richiesto a giudizio insindacabile della direzione dei lavori e per il loro impiego verrà riconosciuto all'appaltatore il compenso convenuto.
I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'appaltatore devono essere accettati dalla direzione dei lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in cemento armato, al fine di prevenire il dilavamento del calcestruzzo o delle malte.

#### *45.7.2. Prosciugamento dello scavo con sistema Wellpoint*

Lo scavo di fondazione può essere prosciugato con l'impiego del sistema Wellpoint ad anello chiuso (con collettori perimetrali su entrambi i lati), in presenza di terreni permeabili per porosità, come ghiaie, sabbie, limi, argille e terreni stratificati. Tale metodo comporterà l'utilizzo di una serie di minipozzi filtranti (Wellpoint), con profondità maggiore di quella dello scavo, collegati con un collettore principale di aspirazione munito di pompa autoadescante, di altezza tale da garantire il prosciugamento dello scavo. Le pompe devono essere installate nell'area circostante al terreno in cui necessita tale abbassamento. Le tubazioni di diametro e di lunghezza adeguata dovranno scaricare e smaltire le acque di aggottamento con accorgimenti atti a evitare interramenti o ostruzioni.
L'impianto di drenaggio deve essere idoneo:
- alle condizioni stratigrafiche dei terreni interessati, rilevate fino a una profondità almeno doppia rispetto a quella di prefissata per lo scavo;
- alla permeabilità dei terreni interessati, rilevata mediante prove *in situ*.

L'impresa potrà utilizzare caditoie esistenti ove possibile senza creare a immissione ultimata intasamenti alla naturale linea di smaltimento meteorica.

#### *45.7.3. Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'esaurimento delle acque superficiali o di infiltrazioni concorrenti nei cavi, l'esecuzione di opere provvisionali per lo scolo e la deviazione preventiva di esse dalle sedi stradali o dal cantiere in generale.

### *45.8. Impiego di esplosivi*

L'uso di esplosivi per l'esecuzione di scavi è vietato.

### *45.9. Deposito di materiali in prossimità degli scavi*

È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle opportune puntellature.

### *45.10. Presenza di gas negli scavi*

Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo a infiltrazione di sostanze pericolose.

Quando si sia accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione. Deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica - se siano da temere emanazioni di gas pericolosi - l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti a incendiare il gas.

*45.11. Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la sistemazione delle strade e dei collegamenti esterni e interni e la collocazione, ove necessario, di ponticelli, andatoie, rampe e scalette di adeguata portanza e sicurezza.
Prima di dare inizio a lavori di sistemazione, varianti, allargamenti e attraversamenti di strade esistenti, l'impresa è tenuta a informarsi dell'eventuale esistenza di cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, gasdotti, fognature) nelle zone nelle quali ricadono i lavori stessi. In caso affermativo, l'impresa dovrà comunicare agli enti proprietari di dette opere o impianti (Enel, Telecom, P.T., comuni, consorzi, società, ecc.) la data presumibile dell'esecuzione dei lavori nelle zone interessate, chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, ecc.) necessari al fine di eseguire tutti i lavori con le opportune cautele, onde evitare danni alle suddette opere.
Qualora nonostante le cautele usate, si dovessero manifestare danni ai cavi o alle condotte, l'impresa dovrà procedere a darne immediato avviso mediante telegramma sia agli enti proprietari delle strade che agli enti proprietari delle opere danneggiate oltreché naturalmente alla direzione dei lavori.
Fanno comunque carico alla stazione appaltante gli oneri relativi a eventuali spostamenti temporanei e/o definitivi di cavi o condotte.

*45.12. Manutenzione degli scavi*

Gli scavi di fondazione dovranno essere mantenuti asciutti, in relazione al tipo di lavoro da eseguire.
Si dovranno proteggere le zone scavate e le scarpate per evitare eventuali scoscendimenti e/o franamenti.
Rifiuti e macerie dovranno essere asportati dagli scavi prima dell'esecuzione delle opere susseguenti.

## Art. 46. **Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi**

L'appaltatore, dopo l'esecuzione degli scavi di fondazione o di sbancamento, non può iniziare l'esecuzione delle strutture di fondazione prima che la direzione dei lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o degli sbancamenti alle prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

## Art. 47. **Riparazione di sottoservizi**

L'appaltatore ha l'obbligo e l'onere di riparare o di provvedere al pagamento delle spese di riparazione alle aziende erogatrici di eventuali sottoservizi (allacci fognari, tubazione di adduzione acqua, gas, ecc.) danneggiati dall'impresa durante l'esecuzione degli scavi e delle demolizioni.

## Art. 48. **Fondazioni dirette**

*48.1. Scavi di fondazione*

Le fondazioni dirette o superficiali sono quelle che trasferiscono l'azione proveniente dalla struttura in elevato agli strati superficiali del terreno.
La profondità del piano di posa delle fondazioni deve essere quella prevista dal progetto esecutivo. Eventuali variazioni o diversa natura del terreno devono essere comunicate tempestivamente alla direzione dei lavori, perché possa prendere i provvedimenti del caso.
Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato cementizio magro o altro materiale idoneo, eventualmente indicato dal direttore dei lavori.
In generale, il piano di fondazione deve essere posto al di fuori del campo di variazioni significative di contenuto d'acqua del terreno ed essere sempre posto a profondità tale da non risentire di fenomeni di erosione o scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale.

*48.2. Controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva*

In corso d'opera, il direttore dei lavori deve controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto esecutivo e la situazione effettiva del terreno.

*48.3. Magrone*

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia e il necessario costipamento dello stesso, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.
Lo spessore dello strato di calcestruzzo magro è quello indicato negli elaborati progettuali esecutivi delle strutture.

## Art. 49. **Opere e strutture di muratura**

*49.1. Spessore minimo dei muri*

Lo spessore dei muri portanti, come stabilito dal D.M. 14 gennaio 1008, non può essere inferiore ai valori riportati nella tabella 57.1.

**Tabella 57.1. Tipo di muratura e relativo spessore minimo**

| Tipo di muratura | Spessore minimo (mm) |
|---|---|
| Muratura in elementi resistenti artificiali pieni | 150 |
| Muratura in elementi resistenti artificiali semipieni | 200 |
| Muratura in elementi resistenti artificiali forati | 240 |
| Muratura di pietra squadrata | 240 |
| Muratura di pietra listata | 400 |
| Muratura di pietra non squadrata | 500 |

*49.2. Cordoli di collegamento tra la fondazione e la struttura in elevazione*

Il collegamento tra la fondazione e la struttura in elevazione è di norma realizzato mediante cordolo in calcestruzzo armato, disposto alla base di tutte le murature verticali resistenti, di spessore pari almeno a quello della muratura della prima elevazione e di altezza non inferiore alla metà di detto spessore. È possibile realizzare la prima elevazione con pareti di calcestruzzo armato. In tal caso, la disposizione delle fondazioni e delle murature sovrastanti deve essere tale da garantire un adeguato centraggio dei carichi trasmessi alle pareti della prima elevazione e alla fondazione.

*49.3. Murature e riempimenti in pietrame a secco. Vespai*

*49.3.1. Vespai e intercapedini*

Nei locali i cui pavimenti verrebbero a trovarsi in contatto con il terreno naturale, potranno essere ordinati vespai in pietrame o intercapedini in laterizio. In ogni caso, il terreno di sostegno di tali opere dovrà essere debitamente spianato, bagnato e ben battuto per evitare qualsiasi cedimento.
Per i vespai in pietrame si dovrà formare anzitutto in ciascun ambiente una rete di cunicoli di ventilazione, costituita da canaletti paralleli aventi interasse massimo di 1,50 m. Essi dovranno correre anche lungo tutte le pareti ed essere comunicanti tra loro. Detti canali dovranno avere sezione non minore di 15 cm $\times$ 20 cm di

altezza e un sufficiente sbocco all'aperto, in modo da assicurare il ricambio dell'aria.
Ricoperti tali canali con adatto pietrame di forma pianeggiante, si completerà il sottofondo, riempiendo le zone rimaste fra cunicolo e cunicolo con pietrame in grossi scheggioni disposti con l'asse maggiore verticale e in contrasto fra loro, intasando i grossi vuoti con scaglie di pietra e spargendo, infine, uno strato di ghiaietto di conveniente grossezza sino al piano prescritto.
Le intercapedini, a sostituzione di vespai, potranno essere costituite da un piano di tavelloni murati in malta idraulica fina e poggianti su muretti in pietrame o mattoni, ovvero da voltine di mattoni, ecc.

### *49.4. Criteri generali per l'esecuzione*

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione. Essi dovranno mettersi in opera con i giunti alternati e in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna. Saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure.
I giunti non devono essere rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco o alla stuccatura con il ferro.
Le murature di rivestimento devono essere fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente collegate con la parte interna.
I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, devono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al di sotto di zero gradi centigradi.
Sulle aperture di vani di porte e finestre devono essere collocati degli architravi (cemento armato, acciaio).
La costruzione delle murature deve iniziare e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento fra le varie parti di esse, evitando nel corso dei lavori la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione.
La muratura deve procedere per filari rettilinei, con piani di posa normali alle superfici viste o come altrimenti prescritto.
All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo devono essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.
Sui muri delle costruzioni, nel punto di passaggio tra le fondazioni entro terra e la parte fuori terra, la guaina di impermeabilizzazione deve essere rialzata e bloccata superiormente di almeno 20 cm.
I muri controterra delimitanti vani interni al fabbricato (inclusi i sottopassi) devono essere interamente rivestiti con manto impermeabile costituito da due guaine e da una membrana di polietilene estruso ad alta densità, come meglio nel seguito specificato.

#### *49.4.1. Murature a cassa vuota*

La tamponatura esterna del tipo cosiddetto *a cassa vuota* deve essere costituita da doppia parete con interposta camera d'aria in modo da avere uno spessore complessivo di 35 cm.
La doppia parete deve essere dotata di collegamenti trasversali.
La parete esterna potrà essere eseguita con:
- mattoni pieni o semipieni posti a una testa;
- blocchi di calcestruzzo vibrocompresso;
- mattoni forati a sei fori posti in foglio.

Sulla faccia interna della parete esterna sarà eseguita un'arricciatura fratazzata con malta di calce idrata e pozzolana con l'aggiunta di cemento di tipo 325, sulla quale sarà posta, se richiesto, la coibentazione.
La parete interna potrà essere eseguita in:
- mattoni forati di spessore vario non inferiore a 5 cm;
- blocchi di calcestruzzo vibrocompresso di spessore non inferiore a 8-10 cm.

Particolare cura dovrà essere tenuta nella formazione di mazzette, stipiti, sguinci e parapetti.

## Art. 50. **Confezionamento e posa in opera del calcestruzzo**

## *50.1. Calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato*

### *50.1.1. Studio e accettazione della composizione del calcestruzzo*

L'impresa, a seguito dello studio di composizione del calcestruzzo effettuato in laboratorio ufficiale sulla base delle prescrizioni progettuali, indicherà alla direzione dei lavori i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su una o più combinazioni di materiali granulari lapidei utilizzabili per il lavoro in questione, specificando in modo preciso la provenienza e granulometria di ogni singola pezzatura.
Per ogni combinazione provata, verrà indicata dall'impresa la granulometria, la quantità d'acqua utilizzata, il rapporto acqua/cemento (a/c) in condizioni sature superficie asciutta, il tipo e dosaggio del cemento, il contenuto percentuale di aria inclusa, la lavorabilità e la relativa perdita nel tempo della medesima (almeno fino a due ore dal confezionamento), nonché le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.
Una volta definita la formulazione della miscela, le prove di accettazione della miscela stessa dovranno essere eseguite presso un laboratorio ufficiale con i materiali componenti effettivamente usati in cantiere, tenendo conto dei procedimenti di impasto e di vibrazione adottati nello studio, i quali a loro volta avranno preso in considerazione le procedure di impasto e posa in opera adottati in cantiere. Per motivi di rapidità, le verifiche potranno essere svolte dalla direzione dei lavori direttamente in cantiere. In questo caso, dovrà essere assicurata da parte dell'impresa la massima collaborazione. L'accettazione della miscela stessa avvenuta sulla base dei valori delle resistenze meccaniche a 2, 3 e 28 giorni di maturazione, determinate su provini di forma cubica, prismatica (travetti e spezzoni) e cilindrica, dovrà essere convalidata dalle prove allo stato fresco e indurito eseguite, sempre da un laboratorio ufficiale, sul calcestruzzo prelevato durante la prova di impianto, nonché su carote prelevate dall'eventuale getto di prova.
A giudizio della direzione dei lavori, qualora l'impianto di confezionamento e l'attrezzatura di posa in opera siano stati già utilizzati con risultati soddisfacenti in altri lavori dello stesso committente, l'accettazione della miscela potrà avvenire sulla base dei risultati del solo studio di laboratorio.
Nel caso in cui le prove sul prodotto finito diano risultato negativo, fatto salvo il buon funzionamento dell'impianto di confezionamento e delle apparecchiature di posa in opera e della loro rispondenza alle caratteristiche e ai limiti di tolleranza imposti, l'impresa provvederà a suo carico a studiare una nuova miscela e a modificarla fino a che il prodotto finito non risponda alle caratteristiche prescritte. La direzione dei lavori dovrà controllare attraverso il laboratorio ufficiale i risultati presentati.
Non appena confermata, con controlli eseguiti sul prodotto finito, la validità delle prove di laboratorio eseguite in fase di studio della miscela, la composizione del calcestruzzo diverrà definitiva.
Qualora per cause impreviste si debba variare la composizione della miscela, l'impresa, previa autorizzazione della direzione dei lavori, dovrà effettuare un nuovo studio da sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori stessa, seguendo le modalità sopraindicate.
L'impresa dovrà in seguito assicurare i necessari controlli sul calcestruzzo allo stato fresco e indurito, affinché venga rispettata la composizione accettata e le caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica. Le prove e i controlli saranno completamente a carico dell'impresa, la quale dovrà provvedere anche all'attrezzatura di un laboratorio idoneo a eseguire le prove ritenute necessarie dalla direzione dei lavori.
Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche del calcestruzzo, in modo che l'impresa appaltatrice possa assumerle come riferimento nello studio della relativa miscela.

### *50.1.2. Composizione granulometrica*

La composizione dovrà essere realizzata con non meno di quattro distinte pezzature di aggregati in presenza di due tipologie di sabbia. La composizione granulometrica risultante di queste ultime potrà essere composta dalla miscela di due o più sabbie, nel caso non fosse possibile reperire un'unica sabbia di composizione idonea, senza che ciò possa dar luogo a richieste di compenso addizionale.
L'assortimento granulometrico risultante sarà ottenuto variando le percentuali di utilizzo delle frazioni granulometriche componenti, in modo da ottenere un combinato contenuto tra la curva Bolomey e quella di Fuller, calcolate tra l'altro in funzione del diametro massimo che non dovrà superare i ….. mm per i condizionamenti delle dimensioni dei tralicci di armatura.
Una volta accettata dalla direzione dei lavori una determinata composizione granulometrica, l'impresa dovrà attenersi rigorosamente a essa per tutta la durata del lavoro.

Non saranno ammesse variazioni di composizione granulometrica eccedenti in più o in meno il 5% in massa dei valori della curva granulometrica prescelta per l'aggregato grosso e variazioni eccedenti in più o in meno il 3% per l'aggregato fine.
Si precisa che le formule di composizione dovranno sempre riferirsi, come già detto, ad aggregati saturi a superficie asciutta. Pertanto, si dovranno apportare, nelle dosature previste dalla formulazione della miscela e riferentesi ad aggregati saturi a superficie asciutta, le correzioni richieste dal grado di umidità attuale degli aggregati stessi, funzione dell'acqua assorbita per saturarli e assorbita per bagnarli.

### *50.1.3. Contenuto di cemento*

Il contenuto minimo del cemento sarà prescritto nel progetto esecutivo, e dovrà essere controllato con le modalità di cui alla norma **UNI 6393**. Una volta stabilito attraverso lo studio della miscela il contenuto da adottare, questo dovrà mantenersi nel campo di tolleranza del ± 3% della quantità prevista.

### *50.1.4. Contenuto di acqua di impasto*

Il contenuto di acqua di impasto del calcestruzzo verrà definito, in maniera sia ponderale sia volumetrica, con la tolleranza del ± 10% (intervallo riferito al contenuto medio di acqua in $l/m^3$). Il valore del contenuto da rispettare sarà quello determinato in laboratorio al momento dello studio di formulazione e approvato dalla direzione dei lavori.
L'impresa fisserà in conseguenza le quantità d'acqua da aggiungere alla miscela secca nel mescolatore, tenuto conto dell'acqua inclusa assorbita e adsorbita nei materiali granulari e delle perdite per evaporazione durante il trasporto.
Il contenuto di acqua di impasto, tenendo anche conto dell'eventuale aggiunta di additivi fluidificanti, superfluidificanti e di nuova generazione, dovrà essere il minimo sufficiente a conferire all'impasto la lavorabilità specificata compatibilmente con il raggiungimento delle resistenze prescritte, in modo da realizzare un calcestruzzo compatto, evitando al tempo stesso la formazione di uno strato d'acqua libera o di malta liquida sulla superficie degli impasti dopo la vibrazione.
Per realizzare le esigenze sopra citate, il rapporto acqua/cemento, che non dovrà superare il valore di 0.4, potrà ridursi con taluni additivi superfluidificanti e di nuova generazione (entrambi i valori tengono conto dell'acqua adsorbita dagli inerti oltre all'acqua di impasto).
Il valore ottimo della consistenza, a cui attenersi durante la produzione del calcestruzzo, verrà scelto in funzione delle caratteristiche della macchina a casseforme scorrevoli, eventualmente dopo aver eseguito una strisciata di prova. I singoli valori dell'abbassamento alla prova del cono (*slump test*) dovranno risultare all'impianto comunque non superiori a quanto definito dal progetto strutturale e i valori di lavorabilità, determinati con la prova Vebè su calcestruzzo prelevato immediatamente prima dello scarico dal ribaltabile di approvvigionamento, dovranno risultare compresi fra 6 e 10 secondi.

### *50.1.5. Contenuto d'aria inglobata*

La percentuale di additivo aerante necessaria a ottenere nel calcestruzzo la giusta percentuale di aria inglobata sarà fissata durante lo studio dell'impasto ed eventualmente modificata dopo la stesa di prova.
La misura della quantità d'aria inglobata verrà effettuata volumetricamente secondo le modalità della norma **UNI EN 12350-7**.

### *50.1.6. Resistenze meccaniche*

La formulazione prescelta per il calcestruzzo dovrà essere tale da garantire i valori minimi di resistenza meccanica illustrati nella tabella 58.1, rispettivamente su provini cubici o cilindrici confezionati e maturati con le modalità di cui alle norme **UNI EN 12390-1**, **UNI EN 12390-2** e **UNI EN 12390-3**.

La resistenza a trazione per flessione verrà determinata con prove eseguite su provini di forma prismatica con le modalità di cui alla norma **UNI EN 12390-5**. Nella fase di studio della formulazione del calcestruzzo, i valori di resistenza da confrontare con quelli minimi richiesti dovranno risultare dalla media di non meno di tre provini distinti, i cui singoli valori non dovranno scostarsi dalla media di più del 10%. Tale media verrà calcolata

ponderalmente attribuendo il coefficiente 2 al risultato intermedio.
La resistenza a trazione indiretta verrà determinata su provini di forma cilindrica con prove eseguite con modalità di cui alla norma **UNI EN 12390-6**. I valori della resistenza a rottura determinati sui tre tipi di provini anzidetti saranno considerati validi se non inferiori ai valori richiesti.

## *50.2. Confezione, trasporto e posa in opera del calcestruzzo per strutture in calcestruzzo semplice e armato*

### *50.2.1. Attrezzatura di cantiere*

Prima dell'inizio del lavoro, l'impresa dovrà sottoporre alla direzione dei lavori l'elenco e la descrizione dettagliata delle attrezzature che intende impiegare per il confezionamento del calcestruzzo; queste dovranno essere di potenzialità proporzionata all'entità e alla durata del lavoro e dovranno essere armonicamente proporzionate in tutti i loro componenti in modo da assicurare la continuità del ciclo lavorativo.
L'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere fisso e di tipo approvato dalla direzione dei lavori. L'organizzazione preposta a detti impianti dovrà comprendere tutte le persone e le professionalità necessarie per assicurare la costanza di qualità dei prodotti confezionati.
I predosatori dovranno essere in numero sufficiente a permettere le selezioni di pezzature necessarie.
Il mescolatore dovrà essere di tipo e capacità approvate dalla direzione dei lavori e dovrà essere atto a produrre calcestruzzo uniforme e a scaricarlo senza che avvenga segregazione apprezzabile. In particolare, dovrà essere controllata l'usura delle lame, che verranno sostituite allorquando quest'ultima superi il valore di 2 cm. All'interno del mescolatore si dovrà anche controllare giornalmente, prima dell'inizio del lavoro, che non siano presenti incrostazioni di calcestruzzo indurito.

### *50.2.2. Confezione del calcestruzzo*

La dosatura dei materiali per il confezionamento del calcestruzzo nei rapporti definiti con lo studio di progetto e la sua accettazione da parte della direzione dei lavori, dovrà essere fatta con impianti interamente automatici, esclusivamente a massa, con bilance del tipo a quadrante, di agevole lettura e con registrazione delle masse di ogni bilancia. A spese dell'impresa andrà effettuata la verifica della taratura prima dell'inizio dei lavori e con cadenza settimanale, nonché ogni qualvolta risulti necessario, fornendo alla direzione dei lavori la documentazione relativa.
La direzione dei lavori, allo scopo di controllare la potenza assorbita dai mescolatori, si riserverà il diritto di fare installare nell'impianto di confezionamento dei registratori di assorbimento elettrico, alla cui installazione e spesa dovrà provvedere l'impresa appaltatrice. La direzione dei lavori potrà richiedere all'impresa l'installazione sulle attrezzature di dispositivi e metodi di controllo per verificarne in permanenza il buon funzionamento. In particolare, la dosatura degli aggregati lapidei, del cemento, dell'acqua e degli additivi dovrà soddisfare alle condizioni seguenti:
- degli aggregati potrà essere determinata la massa cumulativa sulla medesima bilancia, purché le diverse frazioni granulometriche (o pezzature) vengano misurate con determinazioni distinte;
- la massa del cemento dovrà essere determinata su una bilancia separata;
- l'acqua dovrà essere misurata in apposito recipiente tarato, provvisto di dispositivo che consenta automaticamente l'erogazione effettiva con la sensibilità del 2%;
- gli additivi dovranno essere aggiunti agli impasti direttamente nel miscelatore a mezzo di dispositivi di distribuzione dotati di misuratori.

Il ciclo di dosaggio dovrà essere automaticamente interrotto qualora non siano realizzati i ritorni a zero delle bilance, qualora la massa di ogni componente scarti dal valore prescritto oltre le tolleranze fissate di seguito e infine qualora la sequenza del ciclo di dosaggio non si svolga correttamente.
L'interruzione del sistema automatico di dosaggio e la sua sostituzione con regolazione a mano potrà essere effettuata solo previa autorizzazione della direzione dei lavori.
Nella composizione del calcestruzzo, a dosatura eseguita e immediatamente prima dell'introduzione nel mescolatore, saranno ammesse le seguenti tolleranze:
- 2% sulla massa di ogni pezzatura dell'aggregato;

- 3% sulla massa totale dei materiali granulari;
- 2% sulla massa del cemento.

Vanno rispettate le tolleranze ammesse sulla composizione granulometrica di progetto. Tali tolleranze devono essere verificate giornalmente tramite lettura delle determinazioni della massa per almeno dieci impasti consecutivi.

### *50.2.3. Tempo di mescolamento*

Il tempo di mescolamento deve essere quello raccomandato dalla ditta costruttrice l'impianto di confezionamento del calcestruzzo e, in ogni caso, non potrà essere inferiore a un minuto. L'uniformità della miscela deve essere controllata dalla direzione dei lavori prelevando campioni di calcestruzzo all'inizio, alla metà e alla fine dello scarico di un impasto e controllando che i tre prelievi non presentino abbassamenti al cono che differiscono tra di loro di più di 20 mm né composizione sensibilmente diversa.

La direzione dei lavori potrà rifiutare gli impasti non conformi a questa prescrizione. Inoltre, qualora le differenze in questione riguardino più del 5% delle misure effettuate nel corso di una medesima giornata di produzione, le attrezzature di confezionamento saranno completamente verificate e il cantiere non potrà riprendere che su ordine esplicito della direzione dei lavori e dopo che l'impresa abbia prodotto la prova di una modifica o di una messa a punto degli impianti tale da migliorare la regolarità della produzione del calcestruzzo.

### *50.2.4. Trasporto del calcestruzzo*

Il trasporto del calcestruzzo dall'impianto di confezionamento al cantiere di posa in opera e tutte le operazioni di posa in opera dovranno comunque essere eseguite in modo da non alterare gli impasti, evitando in particolare ogni forma di segregazione, la formazione di grumi e altri fenomeni connessi all'inizio della presa.

Se durante il trasporto si manifesterà una segregazione, dovrà essere modificata in accordo con la direzione dei lavori la composizione dell'impasto, soprattutto se persiste dopo variazione del rapporto acqua/cemento. Se ciò malgrado la segregazione non dovesse essere eliminata, dovrà essere studiato nuovamente il sistema di produzione e trasporto del calcestruzzo.

### *50.2.5. Documenti di consegna*

L'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori, prima o durante l'esecuzione del getto, il documento di consegna del produttore del calcestruzzo, contenente almeno i seguenti dati:
- impianto di produzione;
- quantità in metri cubi del calcestruzzo trasportato;
- dichiarazione di conformità alle disposizioni della norma **UNI EN 206-1**;
- denominazione o marchio dell'ente di certificazione;
- ora di carico;
- ore di inizio e fine scarico;
- dati dell'appaltatore;
- cantiere di destinazione.

Per il calcestruzzo a prestazione garantita, la direzione dei lavori potrà chiedere le seguenti informazioni:
- tipo e classe di resistenza del cemento;
- tipo di aggregato;
- tipo di additivi eventualmente aggiunti;
- rapporto acqua/cemento;
- prove di controllo di produzione del calcestruzzo;
- sviluppo della resistenza;
- provenienza dei materiali componenti.

Per i calcestruzzi di particolare composizione dovranno essere fornite informazioni circa la composizione, il rapporto acqua/cemento e la dimensione massima dell'aggregato.

Il direttore dei lavori potrà rifiutare il calcestruzzo qualora non rispetti le prescrizioni di legge e contrattuali, espresse almeno in termini di resistenza contrattuistica e classe di consistenza.

Le considerazioni su esposte valgono anche per il calcestruzzo confezionato in cantiere.

NORMA DI RIFERIMENTO
**UNI EN 206-1** - *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità*.

### *50.2.6. Esecuzione del getto del calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato*

#### *50.2.6.1. Programma dei getti*

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al direttore dei lavori il programma dei getti del calcestruzzo indicando:
- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti dovrebbero avere inizio solo dopo che il direttore dei lavori ha verificato:
- la preparazione e rettifica dei piani di posa;
- la pulizia delle casseforme;
- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione;
- la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.);
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Nel caso di getti contro terra è bene controllare che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:
- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento.

#### *50.2.6.2. Modalità esecutive e verifica della corretta posizione delle armature*

L'appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.
Prima dell'esecuzione del getto la direzione dei lavori dovrà verificare:
- la corretta posizione delle armature metalliche;
- la rimozione di polvere, terra, ecc., dentro le casseformi;
- i giunti di ripresa delle armature;
- la bagnatura dei casseri;
- le giunzioni tra i casseri;
- la pulitura dell'armatura da ossidazioni metalliche superficiali;
- la stabilità delle casseformi, ecc.

I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il fenomeno della segregazione dei materiali, spostamenti e danni alle armature, guaine, ancoraggi, ecc.
Il calcestruzzo pompabile deve avere una consistenza semifluida, con uno slump non inferiore a 10-15 cm. Inoltre, l'aggregato deve avere diametro massimo non superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo della pompa.
Le pompe a rotore o a pistone devono essere impiegate per calcestruzzo avente diametro massimo dell'aggregato non inferiore a 15 mm. In caso di uso di pompe a pistone devono adoperarsi le necessarie riduzioni del diametro del tubo in relazione al diametro massimo dell'inerte che non deve essere superiore a 1/3 del diametro interno del tubo di distribuzione.
Le pompe pneumatiche devono adoperarsi per i betoncini e le malte o pasta di cemento.
La direzione dei lavori, durante l'esecuzione del getto del calcestruzzo, dovrà verificare la profondità degli strati e la distribuzione uniforme entro le casseformi, l'uniformità della compattazione senza fenomeni di segregazione e gli accorgimenti per evitare danni dovuti alle vibrazioni o urti alle strutture già gettate.
L'appaltatore ha l'onere di approntare i necessari accorgimenti per proteggere le strutture appena gettate dalle

condizioni atmosferiche negative o estreme, quali pioggia, freddo, caldo. La superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno 15 giorni e comunque fino a 28 giorni dall'esecuzione, in climi caldi e secchi.
Non si deve mettere in opera calcestruzzo a temperature minori di 0 °C, salvo il ricorso a opportune cautele autorizzate dalla direzione dei lavori.

### *50.2.6.3. Realizzazione delle gabbie delle armature per cemento armato*

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera. In ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.
Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile.
La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro prescritto.

### *50.2.6.4. Ancoraggio delle barre e loro giunzioni*

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.
La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:
- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso, la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di venti volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare quattro volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto, nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

Per le barre di diametro $\varphi > 32$ mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.
L'appaltatore dovrà consegnare preventivamente al direttore dei lavori le schede tecniche dei prodotti da utilizzare per le giunzioni.

### *50.2.6.5. Getto del calcestruzzo ordinario*

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si deve effettuare applicando tutti gli accorgimenti atti a evitare la segregazione.
È opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non ecceda 50-80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.
Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione. Per limitare l'altezza di caduta libera del calcestruzzo, è opportuno utilizzare un tubo di getto che consenta al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente messo in opera.
Nei getti in pendenza è opportuno predisporre dei cordolini d'arresto atti a evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.
Nel caso di getti in presenza d'acqua è opportuno:
- adottare gli accorgimenti atti a impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere, con i mezzi più adeguati, alla deviazione dell'acqua e adottare miscele di calcestruzzo, coesive, con caratteristiche antidilavamento, preventivamente provate e autorizzate dal direttore dei lavori;
- utilizzare una tecnica di messa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo fresco precedentemente gettato, in modo da far rifluire il calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto

diretto tra l'acqua e il calcestruzzo fresco in movimento.

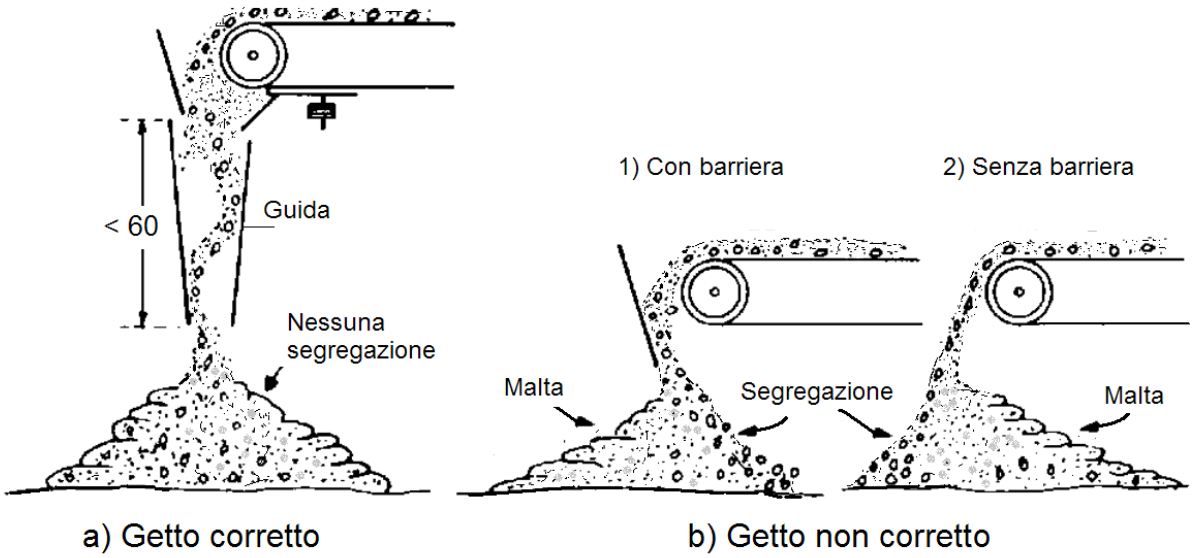


**Figura 58.1**
**Esempi di getto di calcestruzzo con nastro trasportatore: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione**

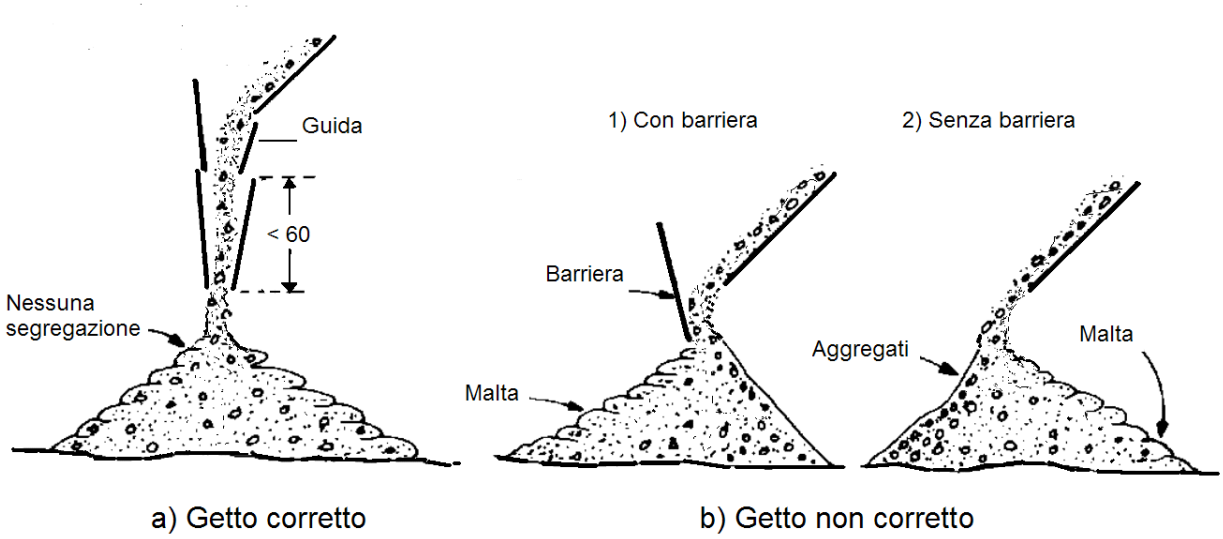


**Figura 58.2**
**Esempi di getto di calcestruzzo da piano inclinato: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione**

*50.2.6.6. Getto del calcestruzzo autocompattante*

Il calcestruzzo autocompattante deve essere versato nelle casseforme in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo. Se si usa una pompa, una

tramoggia o se si fa uso della benna, il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente entro la cassaforma. Per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo.
Nel caso di getti verticali e impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa. Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 m. Tale distanza dipende comunque anche dalla densità delle armature.

### *50.2.6.7. Getti in climi freddi*

Si definisce *clima freddo* una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:
- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C;
- la temperatura dell'aria non supera 10 °C per più di 12 ore.

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura $\geq$ + 5 °C. La neve e il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo. I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è $\leq$ 0 °C. Tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla direzione dei lavori (per esempio, riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, ecc.).
Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.
L'appaltatore deve eventualmente coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta. In fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.
Gli elementi a sezione sottile messi in opera in casseforme non coibentate, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali, richiedono un'attenta e sorvegliata stagionatura.
Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 N/mm$^2$), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.
II valore limite (5 N/mm$^2$) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.
Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.
Nella tabella 58.2 sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche ed alle dimensioni del getto.

**Tabella 58.2. Temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche e alle dimensioni del getto**

| **Dimensione minima della sezione (mm$^2$)** | | | |
|---|---|---|---|
| < 300 | 300 ÷ 900 | 900 ÷ 1800 | > 1800 |
| **Temperatura minima del calcestruzzo al momento della messa in opera** | | | |
| 13 °C | 10 °C | 7 °C | 5 °C |
| **Massima velocità di raffreddamento per le superfici del calcestruzzo al termine del periodo di protezione** | | | |
| 1,15 °C/h | 0,90 °C/h | 0,70 °C/h | 0,45 °C/h |

Durante il periodo freddo la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati nel prospetto precedente. In relazione alla temperatura ambiente e ai tempi di attesa e di trasporto, si deve prevedere un raffreddamento di 2-5 °C tra il termine della miscelazione e la messa in opera. Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme. Quelle metalliche, per esempio,

offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.
Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna.
La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni, facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

#### *50.2.6.8. Riprese di getto. Riprese di getto su calcestruzzo fresco e su calcestruzzo indurito*

Le interruzioni del getto devono essere autorizzate dalla direzione dei lavori. Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò, è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che mediante vibrazione si ottenga la monoliticità del calcestruzzo.
Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa sia lasciata quanto più possibile corrugata. Alternativamente, la superficie deve essere scalfita e pulita dai detriti, in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine) o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo di additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.
In sintesi:
- le riprese del getto su calcestruzzo fresco possono essere eseguite mediante l'impiego di additivi ritardanti nel dosaggio necessario in relazione alla composizione del calcestruzzo;
- le riprese dei getti su calcestruzzo indurito devono prevedere superfici di ripresa del getto precedente molto rugose, che devono essere accuratamente pulite e superficialmente trattate per assicurare la massima adesione tra i due getti di calcestruzzo.
La superficie di ripresa del getto di calcestruzzo può essere ottenuta con:
- scarificazione della superficie del calcestruzzo già gettato;
- spruzzando sulla superficie del getto una dose di additivo ritardante la presa;
- collegando i due getti con malta di collegamento a ritiro compensato.
Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che, come si è detto in precedenza, abbiano a trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse (questo è, per esempio, il caso delle travi gettate in più riprese sulla loro altezza).
Tra le riprese di getto sono da evitare i distacchi, le discontinuità o le differenze d'aspetto e colore.
Nel caso di ripresa di getti di calcestruzzo a vista devono eseguirsi le ulteriori disposizioni del direttore dei lavori.

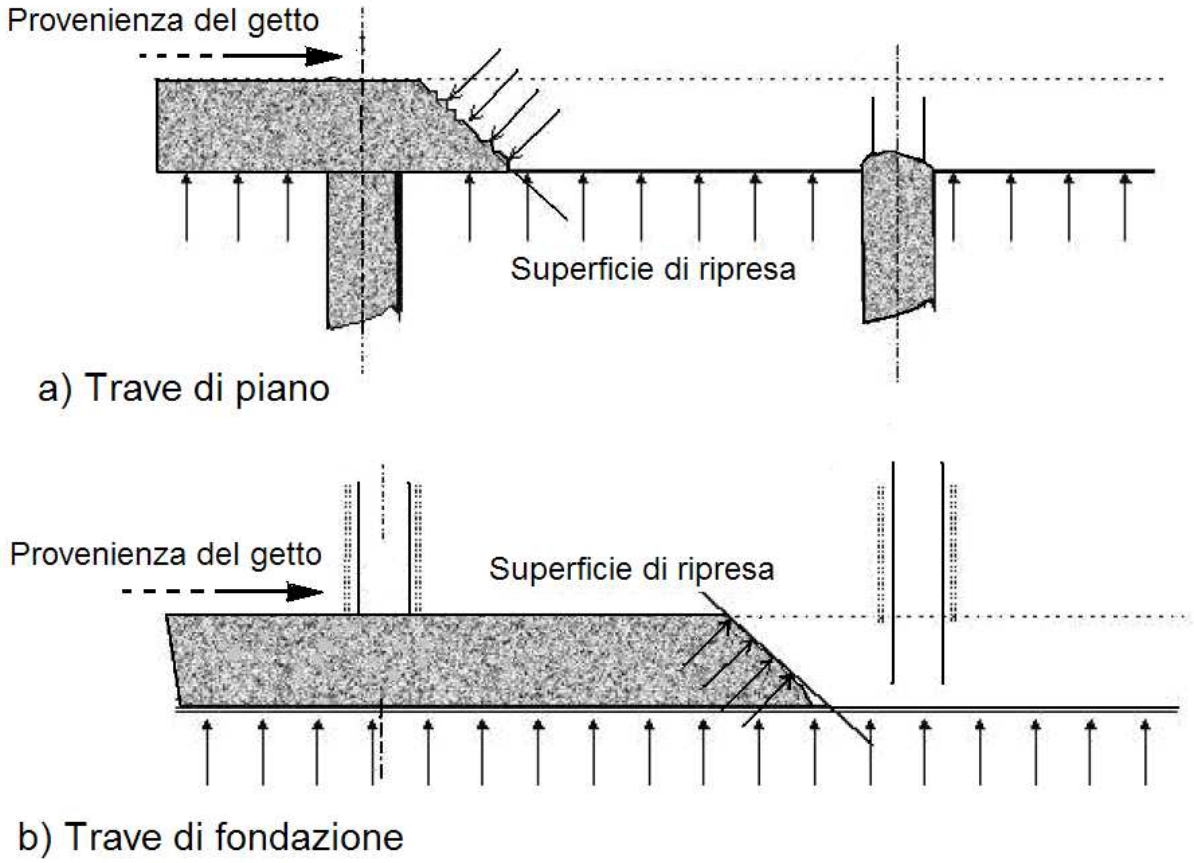


**Figura 58.3**
**Modalità di ripresa del getto in travi di piano e di fondazione**

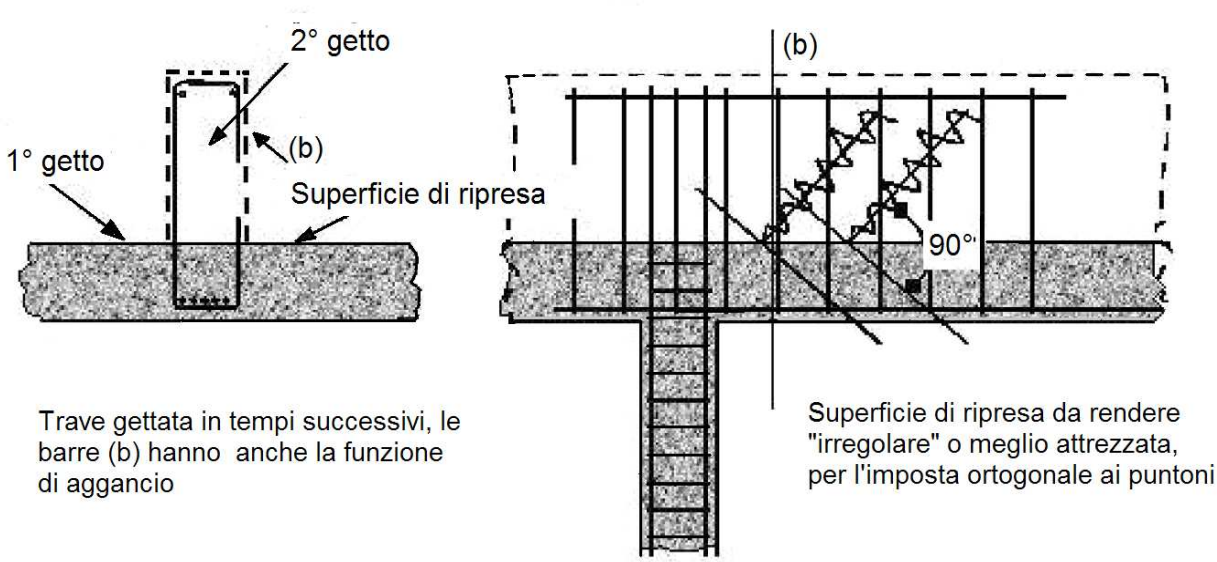


**Figura 58.4**

**Modalità di ripresa del getto su travi di spessore elevato**

### *50.2.6.9. Compattazione del calcestruzzo*

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusi tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 e il 20%, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma.
La compattazione è il processo mediante il quale le particelle solide del calcestruzzo fresco si serrano tra loro riducendo i vuoti. Tale processo può essere effettuato mediante vibrazione, centrifugazione, battitura e assestamento.
I calcestruzzi con classi di consistenza S1 e S2, che allo stato fresco sono generalmente rigidi, richiedono una compattazione più energica dei calcestruzzi di classe S3 o S4, aventi consistenza plastica o plastica fluida.
La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua non può essere migliorata aggiungendo acqua. Tale aggiunta penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera. Quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o talvolta superfluidificanti.
Nel predisporre il sistema di compattazione, si deve prendere in considerazione la consistenza effettiva del calcestruzzo al momento della messa in opera che, per effetto della temperatura e della durata di trasporto, può essere inferiore a quella rilevata al termine dell'impasto.
La compattazione del calcestruzzo deve evitare la formazione di vuoti, soprattutto nelle zone di copriferro.

*Compattazione mediante vibrazione*
La vibrazione consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione, il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione, l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto. I vibratori possono essere interni ed esterni.
I vibratori interni, detti anche *a immersione* o *ad ago*, sono i più usati nei cantieri. Essi sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m, mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.
L'uso dei vibratori non deve essere prolungato, per non provocare la separazione dei componenti il calcestruzzo per effetto della differenza del peso specifico e il rifluimento verso l'alto dell'acqua di impasto con conseguente trasporto di cemento.
Per effettuare la compattazione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza che vanno dai 5 ai 30 secondi. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la chiusura dei fori da esso lasciati.
L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo, si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un giunto freddo tra due strati di getti sovrapposti. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratori mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi. La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore e a condizione che non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.
Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo strato plastico, così da evitare i giunti freddi.

I vibratori esterni sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione ma possono comunque essere utilizzati anche nei cantieri quando la struttura è complessa o l'addensamento delle barre d'armatura limita o impedisce l'inserimento di un vibratore a immersione.
I vibratori superficiali applicano la vibrazione tramite una sezione piana appoggiata alla superficie del getto: in questo modo il calcestruzzo è sollecitato in tutte le direzioni e la tendenza a segregare è minima. Un martello elettrico può essere usato come vibratore superficiale se combinato con una piastra d'idonea sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti.

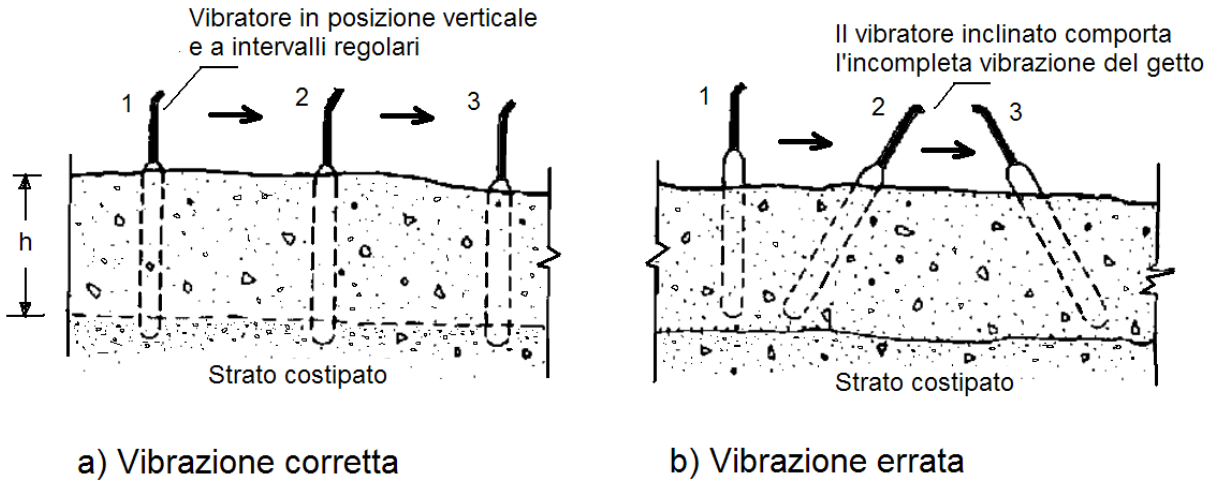


**Figura 58.5**
**Esecuzione del getto e modalità di costipazione mediante vibrazione interna**

### *50.2.6.10. Stagionatura*

*Prescrizioni per una corretta stagionatura*
Per una corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni:
- prima della messa in opera:
- saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno, oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante;
- la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere $\leq$ 0 °C, raffreddando, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.
- durante la messa in opera:
- erigere temporanee barriere frangivento per ridurne la velocità sulla superficie del calcestruzzo;
- erigere protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole;
- proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene, nell'intervallo fra la messa in opera e la finitura;
- ridurre il tempo fra la messa in opera e l'inizio della stagionatura protetta.
- dopo la messa in opera:
- minimizzare l'evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura;
- la massima temperatura ammissibile all'interno delle sezioni è di 70 °C;
- la differenza massima di temperatura fra l'interno e l'esterno è di 20 °C;
- la massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di 15 °C.

È compito della direzione dei lavori specificare le modalità di ispezione e di controllo.

*Protezione in generale*
La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:
- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre serve a impedire che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione;
- il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;
- che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.
I metodi di stagionatura proposti dall'appaltatore dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del direttore dei lavori, che potrà richiedere le opportune verifiche sperimentali.
Durante il periodo di stagionatura protetta, si dovrà evitare che i getti di calcestruzzo subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.
Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal progettista.
L'appaltatore dovrà evitare congelamenti superficiali o totali di strutture in cemento armato sottili oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive.

*Protezione termica durante la stagionatura*

A titolo esemplificativo di seguito si indicano i più comuni sistemi di protezione termica per le strutture in calcestruzzo adottabili nei getti di cantiere, ovvero:
- cassaforma isolante;
- sabbia e foglio di polietilene;
- immersione in leggero strato d'acqua;
- coibentazione con teli flessibili.

CASSAFORMA ISOLANTE
Il $\Delta t \leq 20$ °C può essere rispettato se si usa una cassaforma isolante, ad esempio legno compensato con spessore $\geq 2$ cm o se il getto si trova contro terra.

SABBIA E FOGLIO DI POLIETILENE
La parte superiore del getto si può proteggere con un foglio di polietilene coperto con 7-8 cm di sabbia. Il foglio di polietilene ha anche la funzione di mantenere la superficie pulita e satura d'umidità.

IMMERSIONE IN LEGGERO STRATO D'ACQUA
La corretta stagionatura è assicurata mantenendo costantemente umida la struttura messa in opera. Nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, si suggerisce di creare un cordolo perimetrale che permette di mantenere la superficie costantemente ricoperta da alcuni centimetri d'acqua.
Occorre porre attenzione, in condizioni di forte ventilazione, alla rapida escursione della temperatura sulla superficie per effetto dell'evaporazione.

COIBENTAZIONE CON TELI FLESSIBILI
Sono ideali nelle condizioni invernali, in quanto permettono di trattenere il calore nel getto, evitando la

dispersione naturale. Si deve tener conto tuttavia che nella movimentazione le coperte possono essere facilmente danneggiate.
Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, occorre prevedere ed eseguire in cantiere una serie di verifiche che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

*Durata della stagionatura*
Con il termine *durata di stagionatura* si intende il periodo che intercorre tra la messa in opera e il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate. Per l'intera durata della stagionatura, il calcestruzzo necessita d'attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta. La durata di stagionatura deve essere prescritta in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Se la classe di esposizione prevista è limitata alle classi X0 e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il tempo di presa sia inferiore a cinque ore, e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5 °C. Se il calcestruzzo è esposto a classi d'esposizione diverse da X0 o XC1, la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.
Nella tabella 58.3 è riportata, in funzione dello sviluppo della resistenza e della temperatura del calcestruzzo, la durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse da X0 e XC1.

**Tabella 58.3. Durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse (da X0 a XC1)**

| **Temperatura *t* della superficie del calcestruzzo (°C)** | **Durata minima della stagionatura (giorni)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Sviluppo della resistenza in base al rapporto $r = (f_{cm2}/f_{cm28})$[1]** | | | |
| | **Rapido $r \geq 0,50$** | **Medio $0,50 < r \leq 0,30$** | **Lento $0,30 < r \leq 0,15$** | **Molto lento $r < 0,15$** |
| $t \geq 25$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3 |
| $25 > t \geq 15$ | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 5 |
| $15 > t \geq 10$ | 2,0 | 4,0 | 7,0 | 10 |
| $10 > t \geq 5$ | 3,0 | 6,0 | 10 | 15 |

[1] La velocità di sviluppo della resistenza *r* è calcolata in base al rapporto sperimentale della resistenza meccanica $f_{cm}$ alla compressione determinata alla scadenza di 2 e 28 giorni. Al tempo di maturazione specificato deve essere aggiunto l'eventuale tempo di presa eccedente le cinque ore. Il tempo durante il quale il calcestruzzo rimane a temperatura < 5 °C non deve essere computato come tempo di maturazione.

L'indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria a ottenere la durabilità e impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme e i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale. Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:
- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3-7 giorni);
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione;
- mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dall'essiccazione;
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua;
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

I prodotti filmogeni di protezione curing non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso prima delle operazioni o che si sia verificato che non ci siano effetti negativi nei riguardi dei trattamenti successivi, salvo specifica deroga da parte della direzione dei lavori. Per eliminare il film dello strato protettivo dalla superficie del calcestruzzo, si può utilizzare la sabbiatura o l'idropulitura con acqua in pressione. La colorazione del prodotto di curing serve a rendere visibili le superfici trattate. Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d'acqua sulle superfici che rimarranno a vista.
Nel caso in cui siano richieste particolari caratteristiche per la superficie del calcestruzzo, quali la resistenza

all'abrasione o durabilità, è opportuno aumentare il tempo di protezione e maturazione.

*Norme di riferimento per i prodotti filmogeni*

**UNI EN 206-1** - *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità*;
**UNI 8656** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti*;
**UNI 8657** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua*;
**UNI 8658** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento*;
**UNI 8659** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco*;
**UNI 8660** - *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

*Controllo della fessurazione superficiale*

Per le strutture in cemento armato in cui non sono ammesse fessurazioni dovranno essere predisposti i necessari accorgimenti previsti dal progetto esecutivo o impartite dalla direzione dei lavori.
Le fessurazioni superficiali dovute al calore che si genera nel calcestruzzo devono essere controllate mantenendo la differenza di temperatura tra il centro e la superficie del getto intorno ai 20 °C.

*Maturazione accelerata con getti di vapore saturo*

In cantiere la maturazione accelerata a vapore del calcestruzzo gettato può ottenersi con vapore alla temperatura di 55-80 °C alla pressione atmosferica. La temperatura massima raggiunta dal calcestruzzo non deve superare i 60 °C e il successivo raffreddamento deve avvenire con gradienti non superiori a 10 °C/h.
A titolo orientativo potranno essere eseguite le raccomandazioni del documento ACI 517.2R-80 (*Accelerated Curing of Concrete at Atmosferic Pressure*).

### *50.2.7. Casseforme e puntelli per le strutture in calcestruzzo semplice e armato*

#### *50.2.7.1. Caratteristiche delle casseforme*

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo e in modo da essere abbastanza rigide per garantire il rispetto delle dimensioni geometriche e delle tolleranze previste.
In base alla loro configurazione le casseforme possono essere classificate in:
- casseforme smontabili;
- casseforme a tunnel, idonee a realizzare contemporaneamente elementi edilizi orizzontali e verticali;
- casseforme rampanti, atte a realizzare strutture verticali mediante il loro progressivo innalzamento, ancorate al calcestruzzo precedentemente messo in opera;
- casseforme scorrevoli, predisposte per realizzare in modo continuo opere che si sviluppano in altezza o lunghezza.

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere praticamente indeformabili quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo e alla vibrazione. È opportuno che eventuali prescrizioni relative al grado di finitura della superficie a vista siano riportate nelle specifiche progettuali.
La superficie interna delle casseforme rappresenta il negativo dell'opera da realizzare; tutti i suoi pregi e difetti si ritrovano sulla superficie del getto.
Generalmente, una cassaforma è ottenuta mediante l'accostamento di pannelli. Se tale operazione non è eseguita correttamente e/o non sono predisposti i giunti a tenuta, la fase liquida del calcestruzzo, o boiacca, fuoriesce provocando difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione nonché nidi di ghiaia.
La tenuta delle casseforme deve essere curata in modo particolare nelle strutture con superfici di calcestruzzo a

vista e può essere migliorata utilizzando giunti preformati riutilizzabili oppure con mastice e con guarnizioni monouso.
Alla difficoltà di ottenere connessioni perfette si può porre rimedio facendo in modo che le giunture siano in corrispondenza di modanature o di altri punti d'arresto del getto.
Tutti i tipi di casseforme (con la sola esclusione di quelle che rimangono inglobate nell'opera finita), prima della messa in opera del calcestruzzo, richiedono il trattamento con un agente (prodotto) disarmante.
I prodotti disarmanti sono applicati ai manti delle casseforme per agevolare il distacco del calcestruzzo, ma svolgono anche altre funzioni, quali la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno e il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo. La scelta del prodotto e la sua corretta applicazione influenzano la qualità delle superfici del calcestruzzo, in particolare l'omogeneità di colore e l'assenza di bolle.
Le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato o altri materiali assorbenti, calcestruzzo compreso prima della messa in opera del calcestruzzo richiedono la saturazione con acqua. Si deve aver cura di eliminare ogni significativa traccia di ruggine nelle casseforme metalliche.
Nel caso in cui i ferri d'armatura non siano vincolati alle casseforme, per rispettare le tolleranze dello spessore del copriferro si dovranno predisporre opportune guide o riscontri che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo.
Nella tabella 58.4 sono indicati i principali difetti delle casseforme, le conseguenze e le possibili precauzioni per evitare o almeno contenere i difetti stessi.

**Tabella 58.4. Difetti delle casseforme, conseguenze e precauzioni**

| | **Difetti** | **Conseguenze** | **Precauzioni** |
|---|---|---|---|
| **Per le casseforme** | Deformabilità eccessiva | Sulle tolleranze dimensionali | Utilizzare casseforme poco deformabili, casseforme non deformate, pannelli di spessore omogeneo |
| | Tenuta insufficiente | Perdita di boiacca e/o fuoriuscita d'acqua d'impasto. Formazione di nidi di ghiaia | Connettere correttamente le casseforme e sigillare i giunti con materiali idonei o guarnizioni |
| **Per i pannelli** | Superficie troppo assorbente | Superficie del calcestruzzo omogenea e di colore chiaro | Saturare le casseforme con acqua. Usare un idoneo prodotto disarmante e/o impermeabilizzante |
| | Superficie non assorbente | Presenza di bolle superficiali | Distribuire correttamente il disarmante. Far rifluire il calcestruzzo dal basso |
| | Superficie ossidata | Tracce di macchie e di ruggine | Pulire accuratamente le casseforme metalliche. Utilizzare un prodotto disarmante anticorrosivo |
| **Per i prodotti disarmanti** | Distribuzione in eccesso | Macchie sul calcestruzzo Presenza di bolle d'aria | Utilizzare un sistema idoneo a distribuire in modo omogeneo un film sottile di disarmante. Pulire accuratamente le casseforme dai residui dei precedenti impieghi |
| | Distribuzione insufficiente | Disomogeneità nel distacco | Curare l'applicazione del prodotto disarmante |

*Casseforme speciali*
Le casseforme speciali più frequentemente utilizzate sono quelle rampanti e quelle scorrevoli orizzontali e verticali.
Le casseforme rampanti si sorreggono sul calcestruzzo indurito dei getti sottostanti precedentemente messi in opera. Il loro fissaggio è realizzato mediante bulloni o barre inserite nel calcestruzzo. L'avanzamento nei getti è vincolato al raggiungimento da parte del calcestruzzo di una resistenza sufficiente a sostenere il carico delle armature, del calcestruzzo del successivo getto, degli uomini e delle attrezzature.
Questa tecnica è finalizzata alla realizzazione di strutture di notevole altezza, quali pile di ponte, ciminiere, pareti di sbarramento (dighe), strutture industriali a sviluppo verticale.
La tecnica delle casseforme scorrevoli consente di mettere in opera il calcestruzzo in modo continuo. La velocità di avanzamento della cassaforma è regolata in modo che il calcestruzzo formato sia sufficientemente rigido da mantenere la propria forma, sostenere il proprio peso e le eventuali sollecitazioni indotte dalle attrezzature e, nel

caso di casseforme scorrevoli verticali, anche il calcestruzzo del getto successivo.
Le casseforme scorrevoli orizzontali scivolano conferendo al calcestruzzo la sezione voluta, avanzano su rotaie e la direzione e l'allineamento sono mantenuti facendo riferimento a un filo di guida. Sono utilizzate, ad esempio, per rivestimenti di gallerie, condotte d'acqua, rivestimenti di canali, pavimentazioni stradali, barriere spartitraffico.
Le casseforme scorrevoli verticali invece sono utilizzate per realizzare strutture, quali sili, edifici a torre, ciminiere.
L'utilizzo delle casseforme scorrevoli comporta dei vincoli per le proprietà del calcestruzzo fresco. Nel caso delle casseforme scorrevoli orizzontali, è richiesta una consistenza quasi asciutta (S1-S2). Il calcestruzzo deve rendersi plastico sotto l'effetto dei vibratori, ma al rilascio dello stampo deve essere sufficientemente rigido per autosostenersi. Con le casseforme scorrevoli verticali invece il tempo d'indurimento e la scorrevolezza del calcestruzzo sono parametri vincolanti e devono essere costantemente controllati.
Nel caso di casseratura a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

*Casseforme in legno*
Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso, l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti. Le parti componenti i casseri devono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiacca cementizia.

**Tabella 58.5. Legname per carpenteria**

| | | |
|---|---|---|
| **Tavolame** | Tavole (o sottomisure) | Spessore 2,5 cm Larghezza 8-16 cm Lunghezza 4 m |
| | Tavoloni (da ponteggio) | Spessore 5 cm Larghezza 30-40 cm Lunghezza 4 m |
| **Legname segato** | Travi (sostacchine) | Sezione quadrata da 12 × 12 a 20 × 20 cm lunghezza 4 m |
| **Legname tondo** | Antenne, candele | Diametro min 12 cm Lunghezza > 10-12 cm |
| | Pali, ritti | Diametro 10-12 cm Lunghezza > 6-12 cm |
| **Residui di lavorazioni precedenti** | Da tavole (mascelle) Da travi (mozzature) | Lunghezza > 20 cm |

*Pulizia e trattamento*
I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.
Dove e quando necessario, si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.
Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.
Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

*Legature delle casseforme e distanziatori delle armature*
Gli inserti destinati a mantenere le armature in posizione, quali distanziali, tiranti, barre o altri elementi incorporati o annegati nella sezione come placche e perni di ancoraggio, devono:
- essere fissati solidamente in modo tale che la loro posizione rimanga quella prescritta anche dopo la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo;
- non indebolire la struttura;

- non indurre effetti dannosi al calcestruzzo, agli acciai di armatura e ai tiranti di precompressione;
- non provocare macchie inaccettabili;
- non nuocere alla funzionalità o alla durabilità dell'elemento strutturale;
- non ostacolare la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo.

Ogni elemento annegato deve avere una rigidità tale da mantenere la sua forma durante le operazioni di messa in opera del calcestruzzo.

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo. In particolare, viene prescritto che dovunque sia possibile gli elementi delle casseforme vengano fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo. Dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla direzione dei lavori, potranno essere adottati altri sistemi, prescrivendo le cautele da adottare.

È vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono invece ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile. Si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

*Strutture di supporto*

Le strutture di supporto devono prendere in considerazione l'effetto combinato:
- del peso proprio delle casseforme, dei ferri d'armatura e del calcestruzzo;
- della pressione esercitata sulle casseforme dal calcestruzzo in relazione ai suoi gradi di consistenza più elevati, particolarmente nel caso di calcestruzzo autocompattante (SCC);
- delle sollecitazioni esercitate da personale, materiali, attrezzature, ecc., compresi gli effetti statici e dinamici provocati dalla messa in opera del calcestruzzo, dai suoi eventuali accumuli in fase di getto e dalla sua compattazione;
- dei possibili sovraccarichi dovuti al vento e alla neve.

Alle casseforme non devono essere connessi carichi e/o azioni dinamiche dovute a fattori esterni quali, ad esempio, le tubazioni delle pompe per calcestruzzo. La deformazione totale delle casseforme e la somma di quelle relative ai pannelli e alle strutture di supporto non deve superare le tolleranze geometriche previste per il getto.

Per evitare la deformazione del calcestruzzo non ancora completamente indurito e le possibili fessurazioni, le strutture di supporto devono prevedere l'effetto della spinta verticale e orizzontale del calcestruzzo durante la messa in opera e, nel caso in cui la struttura di supporto poggi anche parzialmente al suolo, occorrerà assumere i provvedimenti necessari per compensare gli eventuali assestamenti.

Nel caso del calcestruzzo autocompattante (SCC) non è prudente tener conto della riduzione di pressione laterale, che deve essere considerata di tipo idrostatico agente su tutta l'altezza di getto, computata a partire dalla quota d'inizio o di ripresa di getto. Per evitare la marcatura delle riprese di getto, compatibilmente con la capacità delle casseforme a resistere alla spinta idrostatica esercitata dal materiale fluido, il calcestruzzo autocompattante deve essere messo in opera in modo continuo, programmando le riprese di getto lungo le linee di demarcazione architettoniche (modanature, segna-piano, ecc.).

### *50.2.7.2. Giunti tra gli elementi di cassaforma*

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura, al fine di evitare fuoriuscite di boiacca e creare irregolarità o sbavature. Potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

### *50.2.7.3. Predisposizione di fori, tracce, cavità*

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni progettuali esecutivi, per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc.

### *50.2.8. Linee generali per il disarmo delle strutture in cemento armato*

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto. Queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:
- sopportare le azioni applicate;
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate;
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti.
I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.
La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio. L'appaltatore non può effettuare il disarmo delle strutture entro giorni …… dalla data di esecuzione del getto.
Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari a evitare brusche sollecitazioni e azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, a una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo a impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.
Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della legge n. 1086/1971. In ogni caso, il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la direzione dei lavori.
Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo e alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.
Le operazioni di disarmo delle strutture devono essere eseguite da personale specializzato dopo l'autorizzazione del direttore dei lavori. Si dovrà tenere conto e prestare attenzione che sulle strutture da disarmare non vi siano carichi accidentali e temporanei e verificare i tempi di maturazione dei getti in calcestruzzo.
È vietato disarmare le armature di sostegno se sulle strutture insistono carichi accidentali e temporanei.

**Tabella 58.6. Tempi minimi per del disarmo delle strutture in cemento armato dalla data del getto**

| Struttura | Calcestruzzo normale (giorni) | Calcestruzzo ad alta resistenza (giorni) |
|---|---|---|
| Sponde dei casseri di travi e pilastri | 3 | 2 |
| Solette di luce modesta | 10 | 4 |
| Puntelli e centine di travi, archi e volte | 24 | 12 |
| Strutture a sbalzo | 28 | 14 |

#### *50.2.8.1. Disarmanti*

L'impiego di disarmanti per facilitare il distacco delle casseforme non deve pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo e la permeabilità né influenzarne la presa o causare la formazione di bolle e macchie.
La direzione dei lavori potrà autorizzare l'uso di disarmanti sulla base di prove sperimentali per valutarne gli effetti finali. In generale, le quantità di disarmante non devono superare i dosaggi indicati dal produttore. La stessa cosa vale per l'applicazione del prodotto.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 8866-1** - *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione*;
**UNI 8866-2** - *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di acciaio o di legno trattato.*

### *50.2.9. Ripristini e stuccature*

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dall'appaltatore dopo il disarmo delle strutture in

calcestruzzo senza il preventivo controllo del direttore dei lavori.
Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.
Gli eventuali fori e/o nicchie formate nel calcestruzzo dalle strutture di supporto dei casseri devono essere riempiti e trattati in superficie con un materiale di qualità simile a quella del calcestruzzo circostante.
A seguito di tali interventi, la direzione dei lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura delle superfici del getto con idonei prodotti.

#### *50.2.9.1. Caricamento delle strutture disarmate*

Il caricamento delle strutture in cemento armato disarmate deve essere autorizzato dalla direzione dei lavori che deve valutarne l'idoneità statica o in relazione alla maturazione del calcestruzzo e ai carichi sopportabili.
La direzione dei lavori potrà procedere alla misura delle deformazioni delle strutture dopo il disarmo, considerando l'azione del solo peso proprio.

### *50.3. Prescrizioni specifiche per il calcestruzzo a faccia vista*

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe. La sabbia invece dovrà provenire dalla stessa cava e avere granulometria e composizione costante.
Le opere o i costituenti delle opere a faccia a vista, che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura. In particolare, si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme.
Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo. Qualora queste apparissero, sarà onere dell'appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi.
Le superfici finite e curate - come indicato ai punti precedenti - dovranno essere adeguatamente protette, se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse.
Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altri elementi che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.
Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa. In tali casi, occorrerà prendere i dovuti provvedimenti, evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.
Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal direttore dei lavori.
Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura e il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura.

### *50.4. Difetti superficiali delle strutture, cause e rimedi*

I difetti superficiali del calcestruzzo influenzano non solo le sue caratteristiche estetiche, ma anche quelle di durabilità.
I più frequenti difetti superficiali sono riportati nelle tabelle 58.7-58.16, con le indicazioni relative alle cause e ai rimedi che devono essere adottati.

**Tabella 58.7. Nidi di ghiaia (presenza di aggregato grosso non ricoperto da malta cementizia)**

| **Cause** | | **Rimedi** |
|---|---|---|
| **Progettuali** | Sezione con forte congestione dei ferri di armatura e mancanza di spazio per l'introduzione dei vibratori | Adeguare la disposizione delle armature |
| **Casseforme** | Giunti non a tenuta, che permettono la fuoriuscita di acqua, boiacca o malta | Adeguare le casseforme |

| | | |
|---|---|---|
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Carenza di fini, scarsa lavorabilità o eccesso d'acqua, indurimento anticipato, diametro massimo degli aggregati in relazione alle dimensioni del getto | Correggere la miscela |
| **Messa in opera** | Calcestruzzo lasciato cadere da un'altezza eccessiva, carico eccessivo di calcestruzzo nelle casseforme, tramogge di carico inesistenti o inefficaci, spostamento orizzontale del calcestruzzo | Correggere la messa in opera |
| **Compattazione** | Vibratori sottodimensionati per potenza, frequenza o ampiezza, tempo di vibrazione troppo breve o eccessivo, distanza eccessiva tra i punti di vibrazione, numero di vibratori insufficiente | Correggere l'uso dei vibratori |

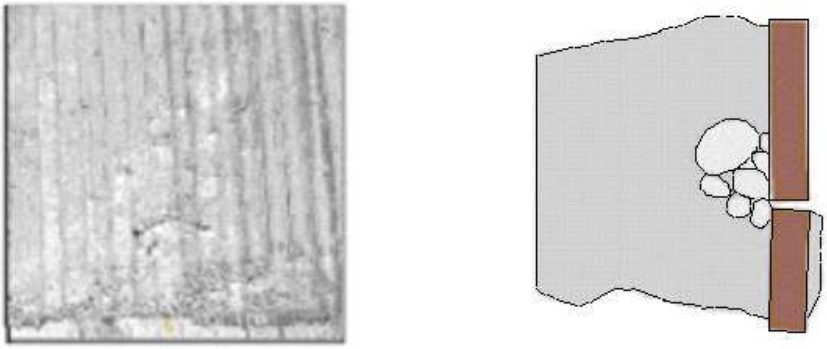

**Figura 58.6**
**Nidi di ghiaia**

**Tabella 58.8. Vuoti sulla superficie del getto contro cassaforma: cavità singole sulla superficie di forma irregolare e dimensione fino a 20 mm**

| **Cause** | | **Rimedi** |
|---|---|---|
| **Progettuali** | Superfici di getto in contropendenza o con interferenze | - |
| **Casseforme** | Superfici delle casseforme impermeabili, poco bagnabili, troppo flessibili, e con agente disarmante inadeguato | Adeguare il disarmante |
| **Condizioni operative** | Agente disarmante applicato in misura eccessiva o non nebulizzato, temperatura del calcestruzzo troppo elevata | Correggere l'applicazione del disarmante |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Sabbia troppo ricca in fini, lavorabilità inadeguata, dosaggio eccessivo in cemento o materiale pozzolanico, contenuto d'aria troppo alto, calcestruzzo troppo viscoso | Correggere la miscela |
| **Messa in opera** | Messa in opera del calcestruzzo discontinua o troppo lenta, | Assicurare la continuità del getto |

| | | |
|---|---|---|
| | portata della pompa o delle tubazioni inadeguata | |
| **Compattazione** | Ampiezza di vibrazione eccessiva, vibratore mantenuto fermo e/o parzialmente immerso, vibrazione esterna inadeguata | Correggere il metodo di vibrazione |

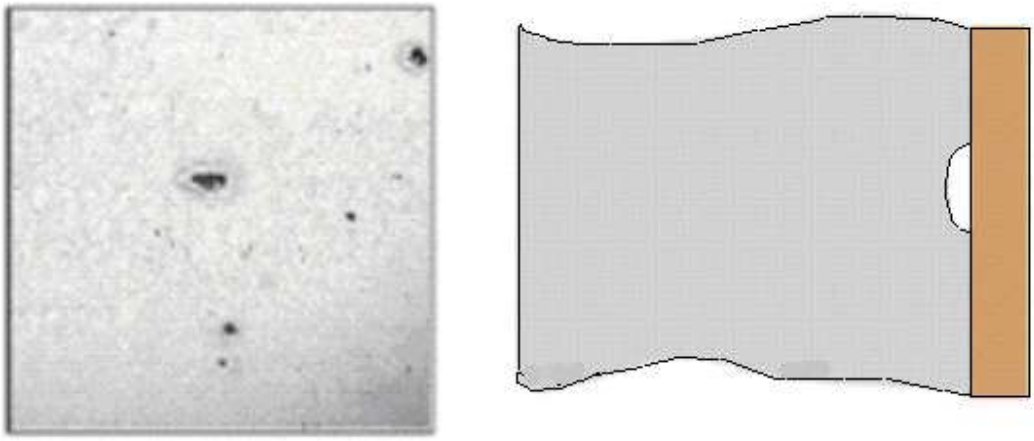

**Figura 58.7**
**Vuoti sulla superficie del getto contro cassaforma**

**Tabella 58.9. Superfici dei giunti con evidenza di aggregati fini o grossi carenti in cemento, generalmente delimitati da superfici scure**

| **Cause** | | **Rimedi** |
|---|---|---|
| **Casseforme** | Mancanza di tenuta nei giunti delle casseforme o nei raccordi di fissaggio, con sigillatura inadeguata | Adeguare le casseforme |
| **Condizioni operative** | Spostamento laterale del calcestruzzo | Correggere il metodo di messa in opera |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Eccesso di acqua, calcestruzzo troppo fluido e/o carenti in pasta cementizia | Correggere l'applicazione del disarmante e adeguare la miscela |
| **Messa in opera** | Tempo di attesa eccessivo tra la posa del calcestruzzo e la compattazione | Assicurare la continuità del getto |
| **Compattazione** | Eccessiva ampiezza o frequenza della vibrazione in relazione alla dimensione delle casseforme | Correggere la vibrazione |

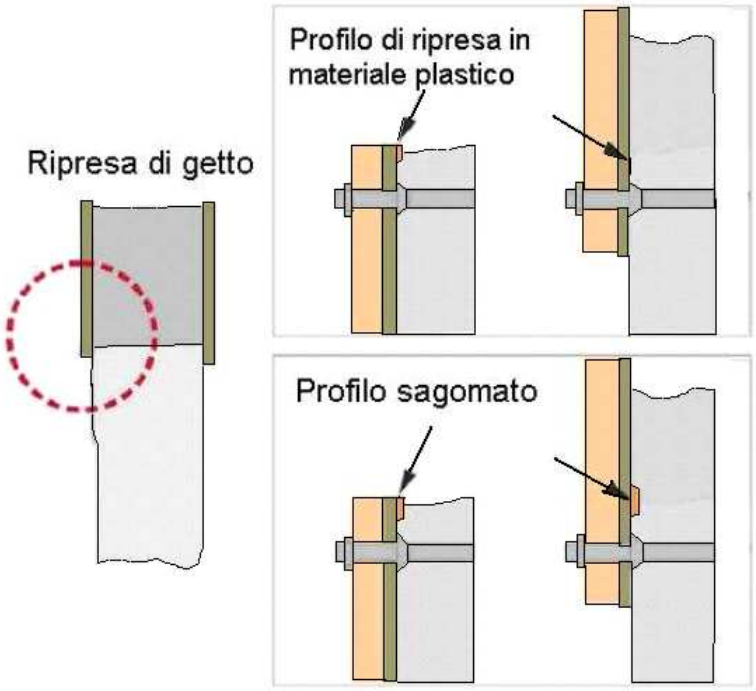


**Figura 58.8**
**Giunti delle casseforme in evidenza**

**Tabella 58.10. Aggregati affioranti sulla superficie del calcestruzzo a vista (superfici chiazzate di chiaro o di scuro, presenza di macchie aventi dimensioni simili a quelle dell'aggregato)**

| **Cause** | | **Rimedi** |
|---|---|---|
| **Casseforme** | Troppo flessibili | Adeguare le casseforme |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Aggregati carenti nel contenuto in fini, granulometria non corretta, aggregato leggero con calcestruzzo troppo fluido | Adeguare la miscela |
| **Compattazione** | Vibrazione esterna eccessiva, o vibrazione eccessiva di calcestruzzo leggero | Correggere il sistema di vibrazione |

**Tabella 58.11. Fessure di assestamento (anche corte, di ampiezza variabile e disposte orizzontalmente)**

| **Cause** | | **Rimedi** |
|---|---|---|
| **Progettuali** | Elementi sottili e complessi con difficoltà di accesso per il calcestruzzo e vibratori, spessore del copriferro inadeguato | Adeguare/verificare la geometria |
| **Casseforme** | Casseforme inadeguate e dalle superfici ruvide | Adeguare le casseforme |
| **Condizioni operative** | Discontinuità nelle operazioni di getto con tempi eccessivi durante la messa in opera del calcestruzzo (ad esempio, tra le colonne e i solai o le travi) | Assicurare la continuità del getto |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Composizione granulometrica inadeguata, calcestruzzo troppo fluido, cemento con presa troppo rapida | Verificare la miscela |
| **Messa in opera** | Discontinua | Assicurare la continuità del getto |
| **Compattazione** | Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva | Adeguare la vibrazione |

**Tabella 58.12. Variazioni di colore (variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme)**

| **Cause** | **Rimedi** |
|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| **Progettuali** | Ferri di armatura molto vicini alle casseforme | Adeguare il copriferro |
| **Casseforme** | Variazioni nelle proprietà di assorbimento superficiale, reazione fra il calcestruzzo e la superficie della cassaforma, reazione con l'agente disarmante, perdita di boiacca in corrispondenza dei giunti | Correggere le casseforme |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Granulometria inadeguata degli aggregati, miscelazione non completa, calcestruzzo troppo scorrevole, vibrazione eccessiva | Adeguare la miscela |
| **Messa in opera** | Segregazione dei costituenti, consistenza troppo fluida | Aggiustare la consistenza |
| **Compattazione** | Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva | Correggere la vibrazione |

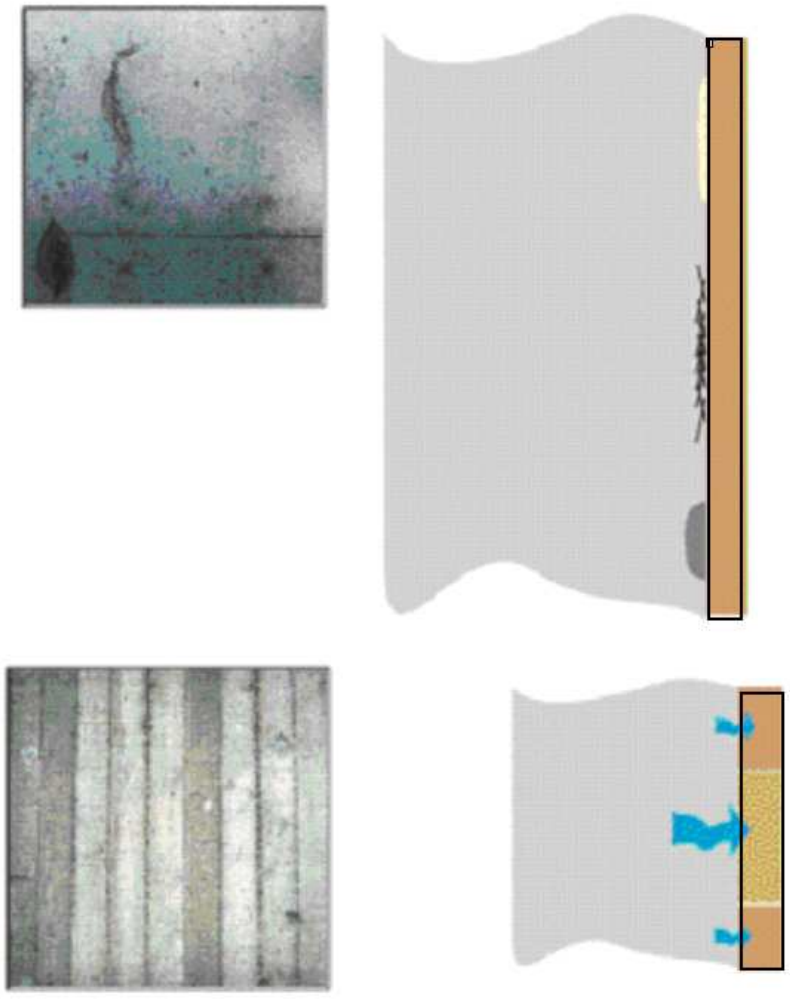

**Figura 58.9**
**Variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme**

**Tabella 58.13. Striature di sabbia e acqua (variazioni di colore o di ombre dovute alla separazione di particelle fini)**

| Cause | | Rimedi |
|---|---|---|
| **Casseforme** | Mancanza di tenuta delle casseforme, acqua in eccesso sul fondo della cassaforma risalente durante il getto | Adeguare le casseforme, drenare e asciugare l'acqua |
| **Condizioni operative** | Temperatura bassa, calcestruzzo con eccesso di acqua | Adottare una protezione per le casseforme |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Scarso o eccessivamente ricco di fini, miscela arida, con insufficiente contenuto di pasta | Adeguare la miscela |
| **Messa in opera** | Troppo veloce | Correggere la messa in opera |
| **Compattazione** | Vibrazione e/o ampiezza di vibrazione eccessive | Adeguare la vibrazione |

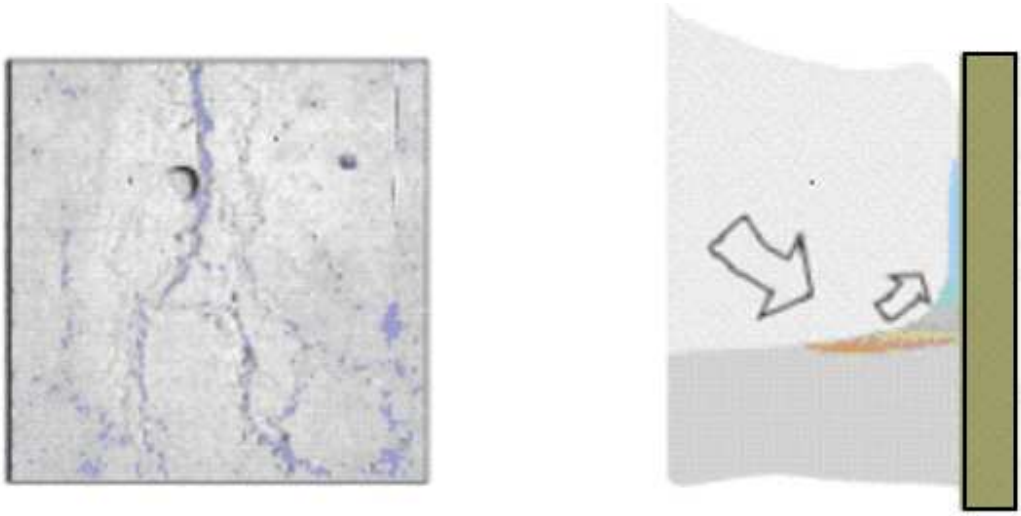

**Figura 58.10**
**Striature di sabbia e acqua**

**Tabella 58.14. Delimitazione degli strati (zone di colore scuro tra gli strati nel calcestruzzo)**

| Cause | | Rimedi |
|---|---|---|
| **Casseforme** | Troppo deformabili | Irrigidire le casseforme |
| **Condizioni operative** | Temperatura troppo elevata, mancanza di continuità nella posa del calcestruzzo e riprese di getto a freddo | Adeguare il mantenimento della lavorabilità |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Troppo bagnato con tendenza all'essudamento, presa rapida | Adeguare la miscela |
| **Messa in opera** | Troppo lenta, attrezzature o mano d'opera inadeguate | Correggere la messa in opera |
| **Compattazione** | Carenze nella vibrazione, difetto di penetrazione dei vibratori attraverso gli strati | Adeguare la vibrazione |

**Tabella 58.15. Giunti freddi (vuoti, nidi di ghiaia, variazioni di colore ai bordi delle riprese, bordo superiore del calcestruzzo non connesso allo strato inferiore)**

| Cause | Rimedi |
|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| **Progettuali** | Spazio insufficiente per inserire il vibratore | Adeguare i sistemi di vibrazione |
| **Condizioni operative** | Mancanza di coordinamento fra la messa in opera e la compattazione o sistema di vibrazione inadeguato, messa in opera nel momento in cui lo strato inferiore del calcestruzzo ha già iniziato a indurire | Continuità della messa in opera e della vibrazione |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Elevata perdita di lavorabilità e indurimento troppo rapido | Migliorare la miscela |
| **Messa in opera** | Strati troppo profondi, tempi di attesa eccessivi nella messa in opera dei vari strati | Adeguare le procedure di esecuzione |
| **Compattazione** | Vibrazione insufficiente, impossibilità di conferire continuità al getto inserendo il vibratore negli strati contigui, mancato inserimento dei vibratori nello strato sottostante | Adeguare la vibrazione |

**Tabella 58.16. Marcatura delle casseforme (irregolarità sulla superficie in corrispondenza delle giunzioni delle casseforme o come conseguenza di difetti delle casseforme)**

| **Cause** | | **Rimedi** |
|---|---|---|
| **Progettuali** | Giunti di costruzione in corrispondenza di una variazione nella direzione delle casseforme | - |
| **Casseforme** | Inadeguate al tipo di getto (dimensioni del getto, pressione sulle casseforme) e di messa in opera, facilmente deformabili | Adeguare le casseforme |
| **Condizioni operative** | Sistema di ancoraggio delle casseforme inadeguato, eccessivo accumulo di calcestruzzo prima della sua distribuzione | Correggere il sistema di ancoraggio e le procedure di getto |
| **Proprietà del calcestruzzo fresco** | Eccessivo ritardo nell'indurimento del calcestruzzo | Migliorare la miscela |
| **Messa in opera** | Troppo lenta | Accelerare la messa in opera |
| **Compattazione** | Ampiezza di vibrazione eccessiva, disomogenea distribuzione dei punti di immersione dei vibratori | Adeguare la vibrazione |

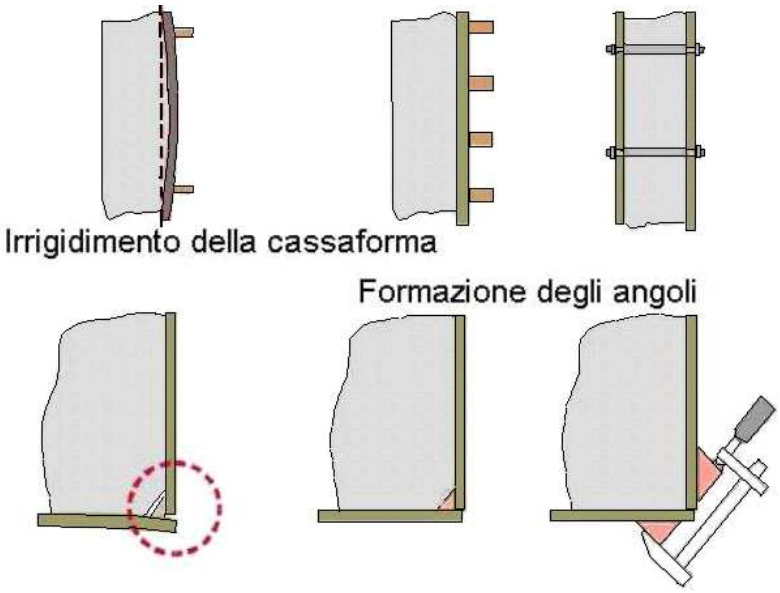


**Figura 58.11**
**Marcatura delle casseforme**

*50.5. Tolleranze dimensionali*

*50.5.1. Pilastri*

| | |
|---|---|
| LUNGHEZZA | ± 1 cm |
| DIMENSIONE ESTERNA | ± 0,5 cm |
| FUORI PIOMBO PER METRO DI ALTEZZA | 1/500 |
| INCAVO PER ALLOGGIAMENTO TRAVI | ± 0,5 cm |

*50.5.2. Travi*

| | |
|---|---|
| LUNGHEZZA | ± 2 cm |
| LARGHEZZA | ± 0,5 cm |
| ALTEZZA | ± 1 cm |
| SVERGOLATURE PER METRO DI LUNGHEZZA | 1/1000 |

## Art. 51. **Esecuzione di strutture in cemento armato precompresso**

*51.1. Compattazione dei getti*

Il getto di calcestruzzo per strutture precompresse deve essere costipato per mezzo di vibratori ad ago o a lamina ovvero con vibratori esterni, facendo particolare attenzione a non deteriorare le guaine dei cavi.

*51.2. Spessore di ricoprimento delle armature di precompressione*

Le superfici esterne dei cavi post-tesi devono distare dalla superficie del conglomerato non meno di 25 mm nei

casi normali e non meno di 35 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo. Il ricoprimento delle armature pre-tese non deve essere inferiore a 15 mm o al diametro massimo dell'inerte impiegato e non meno di 25 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo.

### *51.3. Testate di ancoraggio dell'armatura di precompressione*

Dietro gli apparecchi di ancoraggio deve disporsi un'armatura tridirezionale atta ad assorbire, con largo margine, gli sforzi di trazione e di taglio derivanti dalla diffusione delle forze concentrate, ivi comprese le eventuali reazioni vincolari.

### *51.4. Posa delle barre. dei cavi e loro messa in opera*

Nel corso dell'operazione di posa si deve evitare, con particolare cura, di danneggiare l'acciaio con intagli, pieghe, ecc.
Si deve altresì prendere ogni precauzione per evitare che i fili subiscano danni di corrosione sia nei depositi di approvvigionamento sia in opera, fino alla ultimazione della struttura. All'atto della messa in tiro, si devono misurare contemporaneamente lo sforzo applicato e l'allungamento conseguito. I due dati devono essere confrontati tenendo presente la forma del diagramma sforzi allungamenti a scopo di controllo delle perdite per attrito.
Il posizionamento delle barre e dei cavi deve essere accuratamente controllato prima del getto.

#### *51.4.1. Operazioni di tiro*

Qualora all'atto del tiro si riscontrino perdite per attrito superiori a quelle previste in progetto, un'aliquota di queste, fino a un massimo del 7% della tensione iniziale, potrà essere compensata da una maggiore tensione di carattere temporaneo.
I risultati conseguiti nelle operazioni di tiro, ossia le letture ai manometri e gli allungamenti misurati, verranno registrati in apposite tabelle, sulle quali saranno preventivamente indicate le tensioni iniziali delle armature e gli allungamenti teorici.
Il dispositivo di misura dello sforzo deve essere possibilmente indipendente dalle apparecchiature, per indurre la pre-tensione.
I manometri devono essere tarati con frequenza almeno mensile.
Si deve, inoltre, effettuare preventivamente una misura degli attriti che si sviluppano all'interno del martinetto.
All'atto del tiro, devono essere confrontati gli allungamenti rilevati con quelli previsti dal calcolo.
Un'insufficienza di allungamento, conseguenza di un attrito superiore a quello previsto, richiederà l'adozione di idonei accorgimenti come l'assorbimento della tensione iniziale fino al massimo consentito e, se necessari, l'attuazione di procedure specifiche, quali la lubrificazione, che non deve alterare la successiva aderenza tra armatura e la malta delle iniezioni.
Un'eccedenza di allungamento, quando non sia dovuta al cedimento dell'ancoraggio opposto o all'assestamento iniziale del cavo, tratto che deve essere accertato con particolare attenzione, indica un attrito inferiore a quello previsto. In tal caso, si deve ridurre la tensione, per evitare che quella finale lungo il cavo sia superiore a quella ammessa.

#### *51.4.2. Protezione dei cavi e iniezioni*

Le guaine dei cavi devono essere assolutamente stagne e le giunzioni devono essere efficacemente protette.
Alla buona esecuzione delle iniezioni è affidata la conservazione nel tempo delle strutture in cemento armato precompresso a cavi e, pertanto, di seguito vengono fornite apposite indicazioni.
L'iniezione nelle strutture a cavi scorrevoli deve:
- prevenire la corrosione dell'acciaio di precompressione;
- garantire un'efficace aderenza fra l'acciaio e il conglomerato.

##### *51.4.2.1. Caratteristiche della malta*

La malta deve essere fluida e stabile con minimo ritiro e adeguata resistenza e non deve contenere agenti aggressivi. Deve essere composta da cemento, acqua ed eventuali additivi. Elementi inerti (per esempio farina di sabbia) possono impiegarsi solo per guaine di dimensioni superiori a 12 cm, nel rapporto in peso inerti/cemento

< 25%.
Gli additivi non devono contenere ioni aggressivi (cloruri, solfati, nitrati, ecc.) e comunque non produrre un aumento di ritiro.
Possono impiegarsi resine sintetiche o bitume o altro materiale, solo dopo averne dimostrato la validità mediante idonea documentazione sperimentale.
La malta deve essere sufficientemente fluida perché la si possa correttamente iniettare nei canali. Si consiglia di controllare la fluidità della malta accertando che il tempo misurato al cono di Marsh sia compreso fra 13 e 25 secondi.
La resistenza a trazione per flessione a sette giorni deve essere maggiore o uguale a 4 $N/mm^2$.
Il tempo d'inizio della presa a 30 °C deve essere superiore a tre ore.
Il rapporto acqua/cemento, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, deve essere il minore possibile, compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non deve superare 0,40 e 0,38 se con additivi e, inoltre, deve essere tale che la quantità d'acqua di essudamento alla superficie della pasta, in condizioni di riposo sia inferiore al 2%.
Il ritiro a 28 giorni non deve superare 2,8 mm/m.

#### *51.4.2.2. Operazioni di iniezione*

Dopo l'impasto, la malta deve essere mantenuta in movimento continuo. È essenziale che l'impasto sia esente da grumi. Immediatamente prima dell'iniezione di malta, i cavi vanno puliti. L'iniezione deve avvenire con continuità e senza interruzioni. La pompa deve avere capacità sufficiente perché in cavi di diametro inferiore a 10 cm la velocità della malta sia compresa fra 6 e 12 m al minuto, senza che la pressione superi le 1000 kPa (10 atm). La pompa deve avere un'efficace dispositivo per evitare le sovrappressioni. Non è ammessa l'iniezione con aria compressa. Quando possibile, l'iniezione si deve effettuare dal più basso ancoraggio o dal più basso foro del condotto. Per condotti di grande diametro può essere necessario ripetere l'iniezione dopo circa due ore. La malta che esce dagli sfiati deve essere analoga a quella alla bocca di immissione e non deve contenere bolle d'aria; una volta chiusi gli sfiati, si manterrà una pressione di 500 kPa fin tanto che la pressione permane senza pompare per almeno un minuto. La connessione fra l'ugello del tubo di iniezione e il condotto deve essere realizzata con dispositivo meccanico e tale che non possa aversi entrata d'aria. Appena terminata l'iniezione, bisogna avere cura di evitare perdite di malta dal cavo. I tubi di iniezione devono essere di conseguenza colmati di malta, se necessario.

#### *51.4.2.3. Condotti*

I punti di fissaggio dei condotti devono essere frequenti ed evitare un andamento serpeggiante.
Per evitare sacche d'aria devono essere disposti sfiati nei punti più alti del cavo.
I condotti devono avere forma regolare, preferibilmente circolare. In ogni caso l'area libera del condotto dovrà risultare non minore di 4 $cm^2$.
Si devono evitare per quanto possibile brusche deviazioni o cambiamenti di sezione.

#### *51.4.2.4. Iniezioni*

Fino al momento dell'iniezione dei cavi occorre proteggere l'armatura dall'ossidazione. Le iniezioni dovranno essere eseguite entro 15 giorni a partire dalla messa in tensione, salvo casi eccezionali di ritaratura, nei quali devono essere adottati accorgimenti speciali al fine di evitare che possano iniziare fenomeni di corrosione.
In tempo di gelo, è bene rinviare le iniezioni, a meno che non siano prese precauzioni speciali.
Se si è sicuri che la temperatura della struttura non scenderà al di sotto di 5 °C nelle 48 ore seguenti alla iniezione, si può continuare l'iniezione stessa con una malta antigelo di cui sia accertata la non aggressività, contenente il 6÷10% di aria occlusa.
Se può aversi gelo nelle 48 ore seguenti all'iniezione, bisogna riscaldare la struttura e mantenerla calda almeno per 48 ore, in modo che la temperatura della malta iniettata non scenda al di sotto di 5 °C.
Dopo un periodo di gelo bisogna assicurarsi che i condotti siano completamente liberi da ghiaccio o brina. È vietato il lavaggio a vapore.

## Art. 52. **Armature minime e limitazioni geometriche delle sezioni degli elementi strutturali in cemento armato**

### ***52.1.*** *Dettagli costruttivi per le zone non sismiche*

Le armature di elementi strutturali in cemento armato devono rispettare le dimensioni minime stabilite dal punto 4.1.6.1.1 delle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

#### *52.1.1. Armatura minima delle travi*

L'area dell'armatura longitudinale $A_{s,min}$ in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = 0{,}0013 \cdot b_t \cdot d$$

dove
$b_t$ rappresenta la larghezza media della zona tesa (per una trave a T con piattabanda compressa, nel calcolare il valore di $b_t$ si considera solo la larghezza dell'anima)
$d$ è l'altezza utile della sezione.
Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio.
Al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura tesa o compressa non deve superare individualmente $A_{s,max} = 0{,}04\ A_c$, essendo $A_c$ l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.
Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore a $A_{st} =$ 1,5 b mm$^2$/m, essendo $b$ lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque con passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.
In ogni caso, almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

#### ***52.1.2.*** *Armatura minima dei pilastri*

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore o uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm. Inoltre, la loro area non deve essere inferiore a:
$A_{s,min} = 0{,}003\ A_c$
dove $A_c$ è l'area di calcestruzzo.
Le armature trasversali devono essere poste a interasse non maggiore di dodici volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di 1/4 del diametro massimo delle barre longitudinali.
Al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura non deve superare $A_{smax} = 0{,}04\ A_c$, essendo $A_c$ l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

#### ***52.1.3.*** *Copriferro e interferro*

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo non inferiore a 15 mm.
Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.
Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.
Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.
Il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in tabella 60.1, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di tabella 4.1.IV delle Norme tecniche per le costruzioni. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da cemento armato o cavi aderenti da cemento armato precompresso (fili, trecce e trefoli) e del tipo di elemento, a piastra (solette,

pareti, ecc.) o monodimensionale (travi, pilastri, ecc).
Ai valori della tabella 60.1 devono essere aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.
I valori della tabella 60.1 si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (tipo 2 secondo la tabella 2.4.I delle Norme tecniche per le costruzioni). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 secondo la citata tabella 2.4.I) i valori della tabella 60.1 vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a $C_{min}$, i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.
Per acciai inossidabili o in caso di adozione di altre misure protettive contro la corrosione e verso i vani interni chiusi di solai alleggeriti (alveolari, predalles, ecc.), i copriferri potranno essere ridotti in base a documentazioni di comprovata validità.

**Tabella 60.1. Valori minimi di copri ferro**

| | | | **Barre da cemento armato** | | **Barre da cemento armato** | | **Cavi da cemento armato precompresso** | | **Cavi da cemento armato precompresso** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Elementi a piastra** | | **Altri elementi** | | **Elementi a piastra** | | **Altri elementi** | |
| $C_{min}$ | $C_o$ | **ambiente** | $C \geq C_0$ | $C_{min} \leq C < C_0$ | $C \geq C_0$ | $C_{min} \leq C < C_0$ | $C \geq C_0$ | $C_{min} \leq C < C_0$ | $C \geq C_0$ | $C_{min} \leq C < C_0$ |
| c25/30 | c35/45 | Ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| c28/35 | c40/50 | Aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| c35/45 | c45/55 | Molto aggressivo | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

### *52.2. Dettagli costruttivi per le zone sismiche*

Le indicazioni fornite nel seguito in merito ai dettagli costruttivi si applicano sia alle strutture in cemento armato gettate in opera sia alle strutture in cemento armato prefabbricate (paragrafo 7.4.6 NTC). I dettagli costruttivi sono articolati in termini di:
- limitazioni geometriche;
- limitazioni di armatura.

#### *52.2.1. Limitazioni geometriche*

##### *52.2.1.1. Travi*

La larghezza *b* della trave deve essere ≥ 20 cm e, per le travi basse comunemente denominate *a spessore*, deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte *bc*, essendo *bc* la larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave.
Il rapporto *b*/*h* tra larghezza e altezza della trave deve essere ≥ 0,25.
Non deve esserci eccentricità tra l'asse delle travi che sostengono pilastri in falso e l'asse dei pilastri che le sostengono. Esse devono avere almeno due supporti, costituiti da pilastri o pareti. Le pareti non possono appoggiarsi in falso su travi o solette.
Le zone critiche si estendono, per CD"B" e CD"A", per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione. Per travi che sostengono un pilastro in falso, si assume una lunghezza pari a due volte l'altezza della sezione misurata da entrambe le facce del pilastro.

##### *52.2.1.2. Pilastri*

La dimensione minima della sezione trasversale non deve essere inferiore a 250 mm.
Se *q*, quale definito nel paragrafo 7.3.1 delle Norme tecniche per le costruzioni, risulta > 0,1, l'altezza della sezione non deve essere inferiore a un decimo della maggiore tra le distanze tra il punto in cui si annulla il momento flettente e le estremità del pilastro.
In assenza di analisi più accurate, si può assumere che la lunghezza della zona critica sia la maggiore tra l'altezza

della sezione, 1/6 dell'altezza libera del pilastro, 45 cm, l'altezza libera del pilastro se questa è inferiore a tre volte l'altezza della sezione.

#### *52.2.1.3. Nodi trave-pilastro*

Sono da evitare, per quanto possibile, eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo. Nel caso che tale eccentricità superi 1/4 della larghezza del pilastro, la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

#### *52.2.1.4. Pareti*

Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150 mm (200 mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi, ai sensi del paragrafo 7.4.4.6 (armature inclinate) delle Norme tecniche per le costruzioni e 1/20 dell'altezza libera di interpiano.
Possono derogare da tale limite, su motivata indicazione del progettista, le strutture a funzionamento scatolare a un solo piano non destinate a uso abitativo.
Devono essere evitate aperture distribuite irregolarmente, a meno che la loro presenza non venga specificamente considerata nell'analisi, nel dimensionamento e nella disposizione delle armature.
In assenza di analisi più accurate, si può assumere che l'altezza delle zone critiche sia la maggiore tra la larghezza della parete e 1/6 della sua altezza.

### *52.2.2. Limitazioni di armatura*

#### ***52.2.2.1. Travi***

ARMATURE LONGITUDINALI

Almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.
Le armature longitudinali delle travi, sia superiori sia inferiori, devono attraversare di regola i nodi, senza ancorarsi o giuntarsi per sovrapposizione in essi. Quando ciò non risulti possibile, sono da rispettare le seguenti prescrizioni:
- le barre vanno ancorate oltre la faccia opposta a quella di intersezione con il nodo oppure rivoltate verticalmente in corrispondenza di tale faccia, a contenimento del nodo;
- la lunghezza di ancoraggio delle armature tese va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a 1,25 $f_{yk}$ e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del pilastro verso l'interno.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora oltre il nodo non può terminare all'interno di una zona critica, ma deve ancorarsi al di là di essa.
La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora nel nodo invece deve essere collocata all'interno delle staffe del pilastro.
Per nodi esterni si può prolungare la trave oltre il pilastro, si possono usare piastre saldate alla fine delle barre, si possono piegare le barre per una lunghezza minima pari a dieci volte il loro diametro, disponendo un'apposita armatura trasversale dietro la piegatura.

ARMATURE TRASVERSALI

Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive invece devono essere disposte a un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:
- 1/4 dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CD"A" e CD "B";
- sei volte e otto volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CD"A" e CD "B";
- ventiquattro volte il diametro delle armature trasversali.

Per staffa di contenimento si intende una staffa rettangolare, circolare o a spirale, di diametro minimo 6 mm, con ganci a 135° prolungati per almeno 10 diametri alle due estremità. I ganci devono essere assicurati alle barre

longitudinali.

PILASTRI

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, devono essere utilizzate armature bi-diagonali.
Nel caso precedente, qualora il tamponamento sia presente su un solo lato di un pilastro, l'armatura trasversale da disporre alle estremità del pilastro deve essere estesa all'intera altezza del pilastro.

ARMATURE LONGITUDINALI

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm.
Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica $\rho$ di armatura longitudinale, con $\rho$ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti: $1\% \leq \rho \leq 4\%$. Se sotto l'azione del sisma la forza assiale su un pilastro è di trazione, la lunghezza di ancoraggio delle barre longitudinali deve essere incrementata del 50%.

ARMATURE TRASVERSALI

Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti:
- le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe;
- almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature;
- le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm e il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:
- 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- sei e otto volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

### *52.2.2.2. Nodi trave-pilastro*

Lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati.

### *52.2.2.3. Pareti*

Le armature, sia orizzontali sia verticali, devono avere diametro non superiore a 1/10 dello spessore della parete, essere disposte su entrambe le facce della parete, a un passo non superiore a 30 cm ed essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato. Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza confinata $l_c$ pari al 20% della lunghezza in pianta $\underline{l}$ della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. In tale zona il rapporto geometrico $\rho$ dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti: $1\% \leq \rho \leq 4\%$. Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due, con un passo non superiore a otto volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata. Le armature inclinate che attraversano potenziali superfici di scorrimento devono essere efficacemente ancorate al di sopra e al di sotto della superficie di scorrimento e attraversare tutte le sezioni della parete poste al di sopra di essa e distanti da essa meno della minore tra 1/2 altezza e 1/2 larghezza della parete. Nella rimanente parte della parete, in pianta e in altezza, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,2%, per controllare la fessurazione da taglio.

#### *52.2.2.4. Travi di accoppiamento*

Nel caso di armatura a X, ciascuno dei due fasci di armatura deve essere racchiuso da armatura a spirale o da staffe di contenimento con passo non superiore a 100 mm. In questo caso, in aggiunta all'armatura diagonale, deve essere disposta nella trave un'armatura di almeno 10 cm di diametro, distribuita a passo 10 cm in direzione sia longitudinale che trasversale e un'armatura corrente di due barre da 16 mm ai bordi superiore e inferiore. Gli ancoraggi delle armature nelle pareti devono essere del 50% più lunghi di quanto previsto per il dimensionamento in condizioni non sismiche.

### *52.3. Disposizioni costruttive e controllo dell'esecuzione*

#### *52.3.1. Instabilità laterale*

Per i pilastri e per le travi in cui può verificarsi instabilità laterale e per elementi di telai, lo scostamento iniziale dalla rettilineità (eccentricità) misurato a metà luce deve essere limitato a 1/450 della lunghezza per elementi lamellari incollati e a 1/300 della lunghezza per elementi di legno massiccio.
Non si dovranno impiegare per usi strutturali elementi rovinati, schiacciati o danneggiati in altro modo.
Il legno, i componenti derivati dal legno e gli elementi strutturali, non dovranno essere esposti a condizioni più severe di quelle previste per la struttura finita.
Prima della costruzione il legno dovrà essere portato a un contenuto di umidità il più vicino possibile a quello appropriato alle condizioni ambientali in cui si troverà nella struttura finita. Se non si considerano importanti gli effetti di qualunque ritiro o se si sostituiscono parti che sono state danneggiate in modo inaccettabile, è possibile accettare maggiori contenuti di umidità durante la messa in opera, purché ci si assicuri che al legno sia consentito di asciugare fino a raggiungere il desiderato contenuto di umidità.

#### *52.3.2. Incollaggio*

Quando si tiene conto della resistenza dell'incollaggio delle unioni per il calcolo allo stato limite ultimo, si presuppone che la fabbricazione dei giunti sia soggetta a un controllo di qualità che assicuri che l'affidabilità sia equivalente a quella dei materiali giuntati.
La fabbricazione di componenti incollati per uso strutturale dovrà avvenire in condizioni ambientali controllate.
Quando si tiene conto della rigidità dei piani di incollaggio soltanto per il progetto allo stato limite di esercizio, si presuppone l'applicazione di una ragionevole procedura di controllo di qualità che assicuri che solo una piccola percentuale dei piani di incollaggio cederà durante la vita della struttura.
Si dovranno seguire le istruzioni dei produttori di adesivi per quanto riguarda la miscelazione, le condizioni ambientali per l'applicazione e la presa, il contenuto di umidità degli elementi lignei e tutti quei fattori concernenti l'uso appropriato dell'adesivo.
Per gli adesivi che richiedono un periodo di maturazione dopo l'applicazione, prima di raggiungere la completa resistenza si dovrà evitare l'applicazione di carichi ai giunti per il tempo necessario.

#### *52.3.3. Unioni con dispositivi meccanici*

Nelle unioni con dispositivi meccanici si dovranno limitare smussi, fessure, nodi o altri difetti, in modo tale da non ridurre la capacità portante dei giunti.
In assenza di altre specificazioni, i chiodi dovranno essere inseriti ad angolo retto rispetto alla fibratura e fino a una profondità tale che le superfici delle teste dei chiodi siano a livello della superficie del legno.
La chiodatura incrociata dovrà essere effettuata con una distanza minima della testa del chiodo dal bordo caricato che dovrà essere almeno 10 *d*, essendo *d* il diametro del chiodo.
I fori per i bulloni possono avere un diametro massimo aumentato di 1 mm rispetto a quello del bullone stesso.
Sotto la testa e il dado si dovranno usare rondelle con il lato o il diametro di almeno 3 *d* e spessore di almeno 0,3 *d*, essendo *d* il diametro del bullone.
Le rondelle dovranno appoggiare sul legno per tutta la loro superficie.

Bulloni e viti dovranno essere stretti in modo tale che gli elementi siano ben serrati e se necessario dovranno essere stretti ulteriormente quando il legno abbia raggiunto il suo contenuto di umidità di equilibrio. Il diametro minimo degli spinotti è 8 mm. Le tolleranze sul diametro dei perni sono di 0,1 mm e i fori predisposti negli elementi di legno non dovranno avere un diametro superiore a quello dei perni.
Al centro di ciascun connettore dovranno essere disposti un bullone o una vite. I connettori dovranno essere inseriti a forza nei relativi alloggiamenti.
Quando si usano connettori a piastra dentata, i denti dovranno essere pressati fino al completo inserimento nel legno.
L'operazione di pressatura dovrà essere normalmente effettuata con speciali presse o con speciali bulloni di serraggio aventi rondelle sufficientemente grandi e rigide da evitare che il legno subisca danni.
Se il bullone resta quello usato per la pressatura, si dovrà controllare attentamente che esso non abbia subito danni durante il serraggio. In questo caso, la rondella dovrà avere almeno la stessa dimensione del connettore e lo spessore dovrà essere almeno 0,1 volte il diametro o la lunghezza del lato.
I fori per le viti dovranno essere preparati come segue:
- il foro guida per il gambo dovrà avere lo stesso diametro del gambo e profondità pari alla lunghezza del gambo non filettato;
- il foro guida per la porzione filettata dovrà avere un diametro pari a circa il 50% del diametro del gambo;
- le viti dovranno essere avvitate, non spinte a martellate, nei fori predisposti.

#### *52.3.4. Assemblaggio*

L'assemblaggio dovrà essere effettuato in modo tale che non si verifichino tensioni non volute. Si dovranno sostituire gli elementi deformati, fessurati o malamente inseriti nei giunti.
Si dovranno evitare stati di sovrasollecitazione negli elementi durante l'immagazzinamento, il trasporto e la messa in opera. Se la struttura è caricata o sostenuta in modo diverso da come sarà nell'opera finita, si dovrà dimostrare che questa è accettabile anche considerando che tali carichi possono avere effetti dinamici. Nel caso, per esempio, di telai ad arco, telai a portale, ecc., si dovranno accuratamente evitare distorsioni nel sollevamento dalla posizione orizzontale a quella verticale.

## Art. 53. **Armature minime degli elementi strutturali in cemento armato precompresso**

### 53.1. Armatura longitudinale ordinaria

Nelle travi precompresse, anche in assenza di tensioni di trazione, la percentuale di armatura longitudinale ordinaria non dovrà essere inferiore allo 0,1% dell'area complessiva dell'anima e dell'eventuale ringrosso dal lato dei cavi. Nel caso sia prevista la parzializzazione della sezione in esercizio, le barre longitudinali di armatura ordinaria devono essere disposte nella zona della sezione che risulta parzializzata.

### *53.2. Staffe*

Nelle travi dovranno disporsi staffe aventi sezione complessiva non inferiore a 1,5 b $mm^2$/m, essendo *b* lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione. In prossimità di carichi concentrati o delle zone d'appoggio, valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 4.1.2.1.3 delle Norme tecniche per le costruzioni. In presenza di torsione, valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 4.1.2.1.4 delle Norme tecniche per le costruzioni. In particolare, si evidenzia che le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore *t* del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

## Art. 54. **Solai misti di cemento armato e cemento armato precompresso**

### *54.1.1. Limiti dimensionali*

Le varie parti del solaio devono rispettare i seguenti limiti dimensionali:
- la larghezza delle nervature deve essere non minore di 1/8 del loro interasse e comunque non inferiore a 80 mm. Nel caso di produzione di serie in stabilimento di pannelli solaio completi, il limite può scendere a 50 mm;
- l'interasse delle nervature deve essere non maggiore di quindici volte lo spessore della soletta;
- la dimensione massima del blocco di laterizio non deve essere maggiore di 520 mm.

### *54.2. Esecuzione*

### *54.2.1. Bagnatura degli elementi*

Prima di procedere ai getti di calcestruzzo, i blocchi di laterizi devono essere convenientemente bagnati.

### *54.2.2. Blocchi*

I blocchi per solai con rilevanti difetti di costruzione o danneggiati durante la movimentazione per la posa in opera devono essere eliminati e sostituiti con altri idonei.

### *54.2.3. Allineamenti e forzature*

Si dovrà curare il corretto allineamento dei blocchi evitando la forzatura dei blocchi interposti tra i travetti prefabbricati.

### *54.2.4. Calcestruzzi per i getti in opera*

Si dovrà studiare la composizione del calcestruzzo in modo da evitare rischi di segregazione o la formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite. Il diametro massimo degli inerti impiegati nella composizione del calcestruzzo non deve superare 1/5 dello spessore minimo delle nervature né la distanza netta minima tra le armature. Il getto di calcestruzzo deve essere costipato in modo da garantire l'avvolgimento delle armature e l'aderenza sia con i blocchi sia con gli eventuali altri elementi prefabbricati.

### *54.2.5. Puntellamento provvisorio*

Ogni campata di solaio deve risultare idoneamente puntellata con un numero di puntelli rompitratta di numero e sezione adeguata, in funzione del carico da sostenere prima della maturazione del calcestruzzo. Il sistema di sostegno non deve pregiudicare la planarità della superficie di intradosso per effetto della deformazione dovuta ai carichi.

## Art. 55. **Esecuzione di strutture prefabbricate**

### *55.1. Programma di montaggio*

I montaggi degli elementi strutturali dovranno seguire il programma generale dei lavori e l'inizio degli stessi dovrà essere comunicato alla direzione dei lavori con almeno sette giorni di preavviso. Prima dell'inizio del montaggio l'appaltatore deve approntare il progetto degli schemi di montaggio e protezione da sottoporre alla direzione dei lavori, nonché dare comunicazione dei tempi globali di montaggio esplicitando le varie fasi di lavoro con le relative durate.

### *55.2. Identificazione degli elementi*

Ogni elemento prefabbricato componente la fornitura dovrà essere individuabile a mezzo di piastrina incorporata nel getto, riportante la numerazione caratteristica prevista sui disegni costruttivi e quanto altro necessario per consentire il controllo da parte della direzione dei lavori.

### *55.3. Stoccaggio*

Nella fase di stoccaggio, gli elementi prefabbricati devono essere vincolati in maniera tale che, tenuto conto del grado di maturazione del calcestruzzo, non si producano deformazioni pregiudizievoli per la stabilità dell'edificio.

### *55.4. Verifiche preliminari*

Prima di effettuare il posizionamento strutturale degli elementi, si deve controllare che gli elementi stessi, nonché le sedi che dovranno riceverli, siano conformi al progetto esecutivo, nel rispetto delle relative tolleranze.

### *55.5. Giunti e unioni*

*a) posa e regolazione*

Nella fase di posa e regolazione degli elementi prefabbricati, si devono prendere tutte le precauzioni necessarie per ridurre le sollecitazioni dinamiche, conseguenti ai movimenti per il posizionamento degli elementi e per evitare eccessive concentrazioni di sforzi. I dispositivi di regolazione devono consentire il rispetto di tutte le tolleranze stabilite dal progetto esecutivo. Gli eventuali vincoli impiegati in fase di posa e lasciati in sito devono risultare più deformabili dell'eventuale materiale di riempimento dell'unione per evitare concentrazioni di sforzi.

*b) dispositivi provvisori di vincoli*

Gli elementi prefabbricati, dopo essere stati posati e regolati, non devono subire spostamenti durante il prosieguo dei lavori.

*c) esecuzione dei giunti e delle unioni*

Gli elementi prefabbricati devono essere collegati fra loro e con le strutture già esistenti in modo da realizzare la trasmissione delle sollecitazioni e permettere i movimenti conformemente a quanto stabilito dal progetto esecutivo, senza che si producano lesioni nelle parti a contatto. In particolare, per l'appoggio di elementi inflessi, è vietato il contatto diretto tra due o più elementi in calcestruzzo. I materiali impiegati nelle unioni devono avere una durabilità almeno pari a quella degli elementi da collegare e inoltre devono avere scarsa sensibilità alle variazioni di temperatura, in particolare al fuoco.

*c1) giunti*

I giunti devono garantire l'assenza di trasmissione di sforzi. In particolare, per quelli aventi superfici affacciate si deve garantire un adeguato distanziamento delle superfici stesse per consentire i movimenti degli elementi conformemente a quanto stabilito dal progetto esecutivo. Le opere di finitura non devono compromettere la funzionalità del giunto.

*c2) unioni*

La trasmissione degli sforzi tramite le unioni deve essere immediatamente mobilitata, senza che avvengano assestamenti preventivi non espressamente previsti nel progetto esecutivo. Il calcestruzzo destinato a realizzare le unioni deve avere le stesse caratteristiche meccaniche e di confezionamento del calcestruzzo degli elementi prefabbricati. In particolare, per le unioni impieganti malta è richiesto un forte dosaggio di cemento. Prima dell'esecuzione dei getti di calcestruzzo, si deve curare la pulizia e l'umidificazione delle parti che verranno a contatto con il getto, per evitare in questo un eccessivo impoverimento d'acqua. Tutti i getti devono essere ben compattati, preferibilmente con dispositivi meccanici, evitando fughe incontrollate di materiale. L'impasto deve avere una consistenza tale da facilitare il getto, consentire il perfetto riempimento dell'unione e la successiva compattazione. Nelle unioni che impiegano elementi metallici, è necessario garantire che questi provochino lesioni locali nel calcestruzzo adiacente. In quelle che impiegano elementi da saldare *in situ*, oltre ad assicurare la mutua corrispondenza di tali elementi, occorre prendere le necessarie precauzioni per proteggere il calcestruzzo adiacente da un eccessivo riscaldamento. Nelle unioni che impiegano adesivi, le superfici degli elementi prefabbricati da collegare devono essere consistenti, pulite, lisce e ravvicinate, in maniera tale che lo

strato adesivo abbia uno spessore piccolo e uniforme, secondo le indicazioni della ditta produttrice. Per tutte le unioni che impiegano adesivi, sono obbligatorie prove preventive di resistenza e di durabilità, tenendo presente che gli adesivi sono più o meno sensibili alle variazioni di temperatura.

### *55.6. Posa in opera dei pannelli*

Il trasporto di tutti i materiali dal cantiere di prefabbricazione al luogo di impiego verrà effettuato con opportuni mezzi, al fine di evitare sollecitazioni anormali, nonché possibili sbrecciature, fessurazioni e cavillature ai vari elementi. Analoghe cautele devono essere prese durante le operazioni di scarico e posa in opera. Eventuali spessoramenti, cunei, puntellature, ecc. devono essere rimossi ad avvenuto bloccaggio dei pannelli. Il montaggio deve essere iniziato dopo un controllo delle strutture portanti da parte del direttore dei lavori in contraddittorio con l'appaltatore. Tutte le superfici che formano giunti nei pannelli devono essere pulite da polvere, sporco e sostanze estranee. Ciascun pannello dovrà essere collocato nella posizione prevista dai disegni esecutivi. I pannelli danneggiati, macchiati, graffiati, ecc. devono essere rimossi e sostituiti con altri idonei.
Dopo che i pannelli siano stati montati e le giunzioni opportunamente sigillate, le superfici in vista saranno pulite accuratamente, con una soluzione di tipo approvato, per rimuovere qualsiasi macchia o materiale estraneo.

### *55.7. Sigillature dei giunti dei pannelli*

Le sigillature saranno previste sempre sulle due facce esposte del giunto per i pannelli di tamponamento. Il sigillante deve essere applicato, secondo le raccomandazioni del produttore, sotto pressione per mezzo di una pistola equipaggiata di un effusore di adeguata misura in modo da riempire tutti i vuoti. I giunti dovranno risultare lisci e continui, in particolare all'interno, dove i pannelli potranno restare a vista. La sigillatura deve essere realizzata con materiale di tipo sovraverniciabile.

### *55.8. 63.8 Tolleranze dimensionali*

#### *55.8.1. Pilastri*

| | |
|---|---|
| ALTEZZA TRA BASE PILASTRO ED ESTRADOSSO | ± 0,5 cm |
| FUORI PIOMBO PER METRO DI ALTEZZA | ± 0,5 cm |

#### *55.8.2. Travi*

| | |
|---|---|
| SCOSTAMENTO ASSE DI APPOGGIO | - |
| DIREZIONE LONGITUDINALE | ± 0,5 cm |
| DIREZIONE TRASVERSALE | ± 0,5 cm |

#### *55.8.3. Pannelli di tamponamento*

| | |
|---|---|
| SCOSTAMENTO AMMESSO DALLE LINEE DI VERTICALITÀ TEORICA | minore di 0,5 cm |
| SCOSTAMENTO DELLE MISURE DI LARGHEZZA TEORICHE | compensato campata per campata |

## Art. 56. **Esecuzione di strutture in acciaio**

### *56.1. Composizione degli elementi strutturali*

#### *56.1.1. Spessori limite*

È vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm.

Una deroga può essere consentita fino a uno spessore $t$ = 3 mm per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati oppure opere non esposte agli agenti atmosferici.
Le limitazioni di cui sopra non riguardano gli elementi e i profili sagomati a freddo.

#### *56.1.2. Problematiche specifiche*

Si può far riferimento a normative di comprovata validità, in relazione ai seguenti aspetti specifici:
- preparazione del materiale;
- tolleranze degli elementi strutturali di fabbricazione e di montaggio;
- impiego dei ferri piatti;
- variazioni di sezione;
- intersezioni;
- collegamenti a taglio con bulloni normali e chiodi;
- tolleranze foro-bullone;
- interassi dei bulloni e dei chiodi;
- distanze dai margini;
- collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza;
- collegamenti saldati;
- collegamenti per contatto.

#### *56.1.3. Giunti di tipo misto*

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (per esempio, saldatura e bullonatura o chiodatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo.

### *56.2. Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza*

#### *56.2.1. Serraggio dei bulloni*

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata. Tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di ±5%.
Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:
- si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- dopo aver marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione almeno pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.
La taratura delle chiavi dinamometriche deve essere certificata prima dell'inizio lavori da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e con frequenza trimestrale durante i lavori.

#### *56.2.2. Prescrizioni particolari*

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non abbiano giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dado e da consentire un serraggio normale.

### *56.3. Unioni saldate*

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma **UNI EN ISO 4063**. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori, nei procedimenti semiautomatici e manuali, dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN 287-1** da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma **UNI EN 287-1**, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.
Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma **UNI EN 1418**. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 15614-1**.
Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.
Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori a innesco sulla punta) si applica la norma **UNI EN ISO 14555**. Valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 dell'appendice A della stessa norma.
Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un ente terzo. In assenza di prescrizioni in proposito, l'ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.
Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.
Nell'esecuzione delle saldature dovrà inoltre essere rispettata la norma **UNI EN 1011** (parti 1 e 2) per gli acciai ferritici e la norma **UNI EN 1011** (parte 3) per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma **UNI EN ISO 9692-1**.
Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.
In assenza di tali dati, per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma **UNI EN ISO 5817**. Per strutture soggette a fatica invece si adotterà il livello B della stessa norma.
L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta al controllo visivo al 100%, saranno definiti dal collaudatore e dal direttore dei lavori. Per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione, si useranno metodi di superficie (per esempio, liquidi penetranti o polveri magnetiche). Per i giunti a piena penetrazione invece, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.
Per le modalità di esecuzione dei controlli e i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma **UNI EN 12062**.
Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati, secondo la norma **UNI EN 473**, almeno di secondo livello.
Il costruttore deve corrispondere a determinati requisiti. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma **UNI EN ISO 3834** (parti 2 e 4).
Il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità, riassunti nella tabella 65.1. La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore, secondo criteri di indipendenza e di competenza.

**Tabella 65.1. Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo**

| **Tipo di azione sulle strutture** | **Strutture soggette a fatica in modo non significativo** | | | **Strutture soggette a fatica in modo significativo** |
|---|---|---|---|---|
| **Riferimento** | **A** | **B** | **C** | **D** |
| Materiale base: spessore minimo delle membrature | S235, $s \leq 30$mm<br>S275, $s \leq 30$mm | S355, $s \leq 30$mm<br>S235 S275 | S235 S275 S355 S460, $s < 30$mm | S235 S275 S355 S460 Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati[1] |
| Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834 | Elementare EN ISO 3834-4 | Medio EN ISO 3834-3 | Medio EN ISO 3834-3 | Completo EN ISO 3834-2 |
| Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719 | Di base | Specifico | Completo | Completo |
| [1] Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo. | | | | |

*56.3.1. Raccomandazioni e procedure*

**UNI EN 288-3** - *Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici. Prove di qualificazione della procedura di saldatura per la saldatura ad arco di acciai*;
**UNI EN ISO 4063** - *Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli. Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni*;
**UNI EN 1011-1** - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 1. Guida generale per la saldatura ad arco*;
**UNI EN 1011-2** - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 2. Saldatura ad arco per acciai ferritici;*
**UNI EN 1011-3** - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 3. Saldatura ad arco di acciai inossidabili*;
**UNI EN 1011-4** - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 4: Saldatura ad arco dell'alluminio e delle leghe di alluminio*;
**UNI EN 1011-5** - *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 5: Saldatura degli acciai placcati*.

*56.3.2. Preparazione dei giunti*

**UNI EN 29692** - *Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco in gas protettivo e saldatura a gas. Preparazione dei giunti per l'acciaio*.

*56.3.3. Qualificazione dei saldatori*

**UNI EN 287-1** - *Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte1: Acciai*;
**UNI EN 1418** - *Personale di saldatura. Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata e automatica di materiali metallici*.

## *56.4. Apparecchi di appoggio*

La concezione strutturale deve prevedere facilità di sostituzione degli apparecchi di appoggio, nel caso in cui questi abbiano vita nominale più breve di quella della costruzione alla quale sono connessi.

## *56.5. Verniciatura e zincatura*

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, devono essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura, tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel quale è collocato. Devono essere particolarmente protetti i collegamenti bullonati (precaricati e non precaricati), in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento.
Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata (per i quali può farsi utile riferimento alla norma **UNI EN 10025-5**) devono prevedersi, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.
Nel caso di parti inaccessibili o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, dovranno prevedersi adeguati sovraspessori.
Gli elementi destinati a essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati ma possono essere invece zincati a caldo.

*56.5.1. Norme di riferimento*

I rivestimenti a protezione dei materiali metallici contro la corrosione devono rispettare le prescrizioni delle seguenti norme:
**UNI EN 12329** - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamento supplementare su materiali ferrosi o acciaio*;
**UNI EN 12330** - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di cadmio su ferro o acciaio*;

**UNI EN 12487** - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti di conversione cromati per immersione e senza immersione su alluminio e leghe di alluminio*;
**UNI EN 12540** - *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrodepositati di nichel, nichel più cromo, rame più nichel e rame più nichel più cromo*;
**UNI EN 1403** - *Protezione dalla corrosione dei metalli. Rivestimenti elettrolitici. Metodo per la definizione dei requisiti generali*;
**UNI EN ISO 12944-1** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 1. Introduzione generale*;
**UNI EN ISO 12944-2** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 2. Classificazione degli ambienti*;
**UNI EN ISO 12944-3** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 3. Considerazioni sulla progettazione*;
**UNI EN ISO 12944-4** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 4. Tipi di superficie e loro preparazione*;
**UNI EN ISO 12944-6** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 6. Prove di laboratorio per le prestazioni*;
**UNI EN ISO 12944-7** - *Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 7. Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura.*

## Art. 57. **Posa in opera dei dispositivi antisismici**

### *57.1. La procedura di accettazione*

All'atto della posa in opera dei dispositivi antisismici, il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia dotato di attestato di conformità di cui al D.P.R. n. 246/1993 (marcatura CE) ovvero, ove non ricorrano i casi di cui ai punti A e C del paragrafo 11.1 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, che sia dotato di attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale, nonché del marchio previsto nel paragrafo precedente e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore del sistema stesso.
Il direttore dei lavori deve inoltre rifiutare le eventuali forniture non conformi ed effettuare idonee prove di accettazione che comprendano, in ogni caso, la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali, nonché eventualmente la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche secondo le modalità descritte nel seguito.

### *57.2. I dispositivi a comportamento lineare*

#### *57.2.1. Le prove di accettazione sui materiali*

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme e finalizzate ad accertare la tensione e l'allungamento al limite elastico e la tensione e l'allungamento a rottura del materiale costituente gli elementi base del dispositivo. Esse sono finalizzate a individuare i valori medi e quelli caratteristici delle quantità suddette e la prevedibile costanza di comportamento del materiale considerato e devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alla variazioni ambientali, alla temperatura interna e all'invecchiamento.
Il tipo e le modalità di prova devono essere stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale, e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

#### *57.2.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi*

Detto $d_2$ lo spostamento massimo di progetto in un dispositivo, corrispondente allo SLC, le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati, sono le seguenti:

- prova preliminare, condotta imponendo al prototipo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima non inferiore a ± 0,1 $d_2$, ± 0,2 $d_2$, ± 0,3 $d_2$, ± 0,5 $d_2$, ± 0,7 $d_2$ e almeno dieci cicli con ampiezza massima non inferiore a ± $d_2$;
- prova quasi statica, condotta imponendo al prototipo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a ± $d_2$;
- prova dinamica, condotta imponendo al prototipo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a ± $d_2$, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di progetto relativo allo stato limite di collasso e assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni e per i soli dispositivi facenti parte di sistemi di isolamento sismico, a quella corrispondente a una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo.

La prova dinamica può essere sostituita da una replica della prova statica, qualora il materiale degli elementi base sia acciaio o altro materiale il cui comportamento ciclico non dipenda dalla velocità di deformazione. Tale proprietà dovrà eventualmente essere verificata attraverso apposite prove sui materiali o sugli elementi base.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno due dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione solo se gli elementi sollecitati in campo non lineare vengono sostituiti o se la loro resistenza alla fatica oligociclica è di un ordine di grandezza superiore al numero dei cicli delle prove e comunque previo accertamento della piena funzionalità, attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e verifica dei relativi parametri.

Qualora il dispositivo sia geometricamente simile a un isolatore elastomerico e sia soggetto ad azione tagliante, senza però svolgere funzione portante, le prove di qualificazione dovranno essere condotte secondo le modalità previste per le prove su isolatori elastomerici, ma con le seguenti varianti:
- caratterizzazione dei dispositivi in assenza di carico iniziale, riproducendo le condizioni di vincolo sulle facce superiori e inferiori del dispositivo in opera;
- nessuna prova di *creep*.

### *57.2.3. Le prove di accettazione sui dispositivi*

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il ± 10%, sono le seguenti:
- misura della geometria esterna - con tolleranza di ± 10% sugli spessori e ± 5% sulle lunghezze - dei componenti che risultano determinanti ai fini del comportamento del dispositivo nel sistema strutturale;
- prova ciclica condotta imponendo al prototipo almeno quattro cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima non inferiore a ± $d_2$/20, volte a determinare il valore della rigidezza teorica iniziale $K_1$;
- le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque non meno di quattro e non più del numero di dispositivi da mettere in opera. Su almeno un dispositivo verrà anche condotta una prova quasi statica, imponendo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a ± $d_2$.

Qualora il dispositivo abbia caratteristiche costruttive analoghe a quelle di un isolatore elastomerico, ne sia geometricamente simile e sia soggetto ad azione tagliante senza però svolgere funzione portante dei carichi verticali, le prove di accettazione dovranno essere condotte secondo le modalità previste per le prove su isolatori elastomerici, ma con una variante, consistente nella caratterizzazione dei dispositivi in assenza di carico iniziale, riproducendo le condizioni di vincolo sulle facce superiori e inferiori del dispositivo in opera.

## *57.3. I dispositivi a comportamento non lineare*

I dispositivi a comportamento non lineare possono realizzare comportamenti meccanici diversi, ad elevata o bassa dissipazione di energia, con riduzione o incremento della rigidezza al crescere dello spostamento, con o senza spostamenti residui all'azzeramento della forza. Nel seguito si tratteranno dispositivi caratterizzati da una riduzione della rigidezza, ma con forza sempre crescente, al crescere dello spostamento, i cui diagrammi forza-spostamento sono sostanzialmente indipendenti dalla velocità di percorrenza e possono essere schematizzati come nella figura 67.1.

I dispositivi a comportamento non lineare sono costituiti da elementi base che ne determinano le caratteristiche

meccaniche fondamentali ai fini della loro utilizzazione. Il loro comportamento è individuato dalla curva caratteristica che lega la forza trasmessa dal dispositivo al corrispondente spostamento. Tali curve caratteristiche sono in generale schematizzabili con delle relazioni bilineari definite imponendo il passaggio per il punto di coordinate ($F_1$, $d_1$), corrispondente al limite teorico del comportamento elastico lineare del dispositivo e per il punto di coordinate ($F_2$, $d_2$), corrispondente alla condizione di progetto allo SLC.

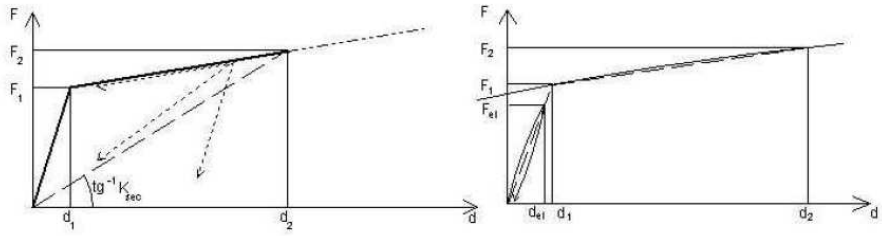


**Figura 67.1**
**Diagrammi forza-spostamento per dispositivi non lineari**

Il ciclo bilineare teorico è definito dai seguenti parametri:
$d_{el}$ = spostamento nel primo ramo di carico in una prova sperimentale entro il quale il comportamento è sostanzialmente lineare. In generale può assumersi un valore pari a $d_2/20$;
$F_{el}$ = forza corrispondente a $d_{el}$, nel ramo di carico iniziale sperimentale;
$d_1$ = ascissa del punto d'intersezione della linea retta congiungente l'origine con il punto ($d_{el}$, $F_{el}$) e la linea retta congiungente i punti ($d_2/4$, $F(d_2/4)$) e ($d_2$, $F_2$) nel terzo ciclo della prova sperimentale;
$F_1$ = ordinata del punto d'intersezione della linea retta congiungente l'origine con il punto ($d_{el}$, $F_{el}$) e la linea retta congiungente i punti ($d_2/4$, $F(d_2/4)$) e ($d_2$, $F_2$) nel terzo ciclo della prova sperimentale;
$d_2$ = spostamento massimo di progetto del dispositivo corrispondente allo SLC;
$F_2$ = forza corrispondente allo spostamento $d_2$, ottenuta al terzo ciclo sperimentale.
Le rigidezze elastica e post-elastica, rispettivamente del primo ramo e del secondo ramo, vengono definite come $K_1 = F_1/d_1$ e $K_2 = (F_2 - F_1)/(d_2 - d_1)$, mentre la rigidezza secante è data da $K_{sec} = F_2/d_2$ e lo smorzamento equivalente è $\xi_e = E_d/(2\pi F_2 \cdot d_2)$, essendo $E_d$ l'area del ciclo d'isteresi.
Per assicurare un comportamento ciclico stabile, le variazioni in una serie di cicli di carico riferiti allo stesso spostamento massimo devono essere limitate nel modo seguente:

$$\left|K_{2,(i)} - K_{2,(3)}\right| / K_{2,(3)} \le 10\%$$

$$\left|\xi_{e,(i)} - \xi_{e,(3)}\right| / \xi_{e,(3)} \le 10\%$$

dove
il pedice $_3$ si riferisce a quantità determinate nel terzo ciclo di carico
il pedice $_i$ si riferisce a quantità relative all'*i*-esimo ciclo, escluso il primo ($_i \ge 2$).
Il ciclo teorico che eventualmente si assume per l'esecuzione delle analisi non lineari per la progettazione della struttura, completato dei rami di scarico e ricarico coerenti con il comportamento reale, deve essere tale che l'energia dissipata in un ciclo non differisca di più del 10% dall'energia dissipata nel terzo ciclo di carico della prova sperimentale.
Le massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso devono essere contenute entro limiti riportati nella tabella 67.1.
Le variazioni devono essere valutate con riferimento al terzo ciclo di prova.

**Tabella 67.1. Massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso**

| - | Fornitura | Invecchiamento | Temperatura | Frequenza di prova |
|---|---|---|---|---|
| $K_2$ | ±15% | ±20% | ±20% | ±10% |
| $K_{sec}$ | ±15% | ±20% | ±40% | ±10% |
| $\xi_e$ | ±10% | ±15% | ±15% | ±10% |

Quando il rapporto d'incrudimento risulta $K_2/K_1 \leq 0{,}05$, il limite su $K_2$ viene sostituito dal limite sulla variazione di $K_2/K_1$ che deve differire meno di 0,01 dal valore di progetto.

#### *57.3.1. Prove di accettazione sui materiali*

Si applica quanto previsto per i dispositivi lineari.

#### *57.3.2. Prove di qualificazione sui dispositivi*

Si applica quanto previsto per i dispositivi lineari.

#### *57.3.3. Prove di accettazione sui dispositivi*

Si applica quanto previsto per i dispositivi lineari.

### *57.4. I dispositivi a comportamento viscoso*

I dispositivi a comportamento viscoso trasmettono in generale soltanto azioni orizzontali e hanno rigidezza trascurabile rispetto alle azioni verticali.
Il dispositivo deve possedere due cerniere sferiche alle estremità, onde evitare effetti di trafilamento e deterioramento delle guarnizioni e la capacità rotazionale deve essere valutata tenendo conto dei carichi che interesseranno la struttura nel corso della vita, degli effetti del sisma e dei disallineamenti di montaggio. In ogni caso la rotazione consentita dalle cerniere non deve essere inferiore ai due gradi sessagesimali.
I dispositivi devono evitare snervamenti sotto l'applicazione dei carichi di servizio e rotture sotto le condizioni di collasso. Devono essere inoltre in grado di sopportare le accelerazioni laterali risultanti dalle analisi sismiche strutturali allo SLC e, in assenza di tale valutazione, devono resistere a una forza minima trasversale pari ad almeno due volte il peso proprio del dispositivo. Il progetto e la costruzione del dispositivo devono consentire la manutenzione nel corso della vita utile ed evitare che fenomeni di instabilità interessino gli steli, nelle condizioni di massima estensione e in riferimento alla configurazione di messa in opera.

#### *57.4.1. Le prove di accettazione sui materiali*

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme e finalizzate ad accertare le caratteristiche di viscosità del fluido. Esse devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alle variazioni ambientali, alla temperatura interna, all'invecchiamento. Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

#### *57.4.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi*

Detto $d_2$ lo spostamento massimo di progetto in un dispositivo, corrispondente allo SLC, le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati, sono le seguenti:
- prova preliminare, finalizzata alla verifica dei parametri caratterizzanti il comportamento del dispositivo, condotta imponendo al prototipo almeno quattro cicli completi di deformazioni alternate, con rampe a velocità costante e ampiezza massima riferita al prototipo reale non inferiore a $\pm 0{,}5\ d_2$, per almeno cinque diversi valori della velocità di spostamento, pari al 25%, 50%, 75%, 100%, 125% del valore di progetto;
- prova dinamica, condotta imponendo al prototipo almeno dieci cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a $\pm d_2$, eventualmente effettuati in due serie di cinque o più cicli consecutivi, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di progetto relativo allo stato limite di collasso e assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni e per i soli dispositivi facenti parte di sistemi di isolamento sismico, a quella corrispondente a una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo di ampiezza massima $\pm d_2$.

Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno due dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di

qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e il controllo dei relativi parametri di verifica.

### *57.4.3. Le prove di accettazione sui dispositivi*

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il ± 10%, sono le seguenti:
- misura della geometria esterna, con verifica delle tolleranze stabilite dal progettista;
- prova dinamica, condotta imponendo al prototipo almeno dieci cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a $\pm d_2$, eventualmente effettuati in due serie di cinque o più cicli consecutivi, applicando le deformazioni imposte con una velocità mediamente pari a quella che si può verificare nel caso del terremoto di progetto relativo allo stato limite di collasso e assimilabile, in mancanza di specifiche valutazioni e per i soli dispositivi facenti parte di sistemi di isolamento sismico, a quella corrispondente a una frequenza di 0,5 Hz per ogni ciclo completo di ampiezza massima $\pm d_2$.

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque non meno di quattro e non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

## *57.5. Gli isolatori elastomerici*

Gli isolatori devono avere pianta con due assi di simmetria ortogonali, così da presentare un comportamento il più possibile indipendente dalla direzione dell'azione orizzontale agente. Ai fini della determinazione degli effetti di azioni perpendicolari agli strati, le loro dimensioni utili devono essere riferite alle dimensioni delle piastre in acciaio, depurate di eventuali fori, mentre per gli effetti delle azioni parallele alla giacitura degli strati si considererà la sezione intera dello strato di gomma.

Le piastre di acciaio devono essere conformi a quanto previsto nelle norme per gli apparecchi di appoggio, con un allungamento minimo a rottura del 18% e spessore minimo pari a 2 mm per le piastre interne e a 20 mm per le piastre esterne.

Si definiscono due fattori di forma:

$S_1$ fattore di forma primario, rapporto tra la superficie $À$ comune al singolo strato di elastomero e alla singola piastra d'acciaio, depurata degli eventuali fori (se non riempiti successivamente), e la superficie laterale libera $L$ del singolo strato di elastomero, maggiorata della superficie laterale degli eventuali fori (se non riempiti successivamente), ossia $S_1 = À/L$;

$S_2$ fattore di forma secondario, rapporto tra la dimensione in pianta $D$ della singola piastra in acciaio, parallelamente all'azione orizzontale agente e lo spessore totale $t_e$ degli strati di elastomero, ossia $S_2 = D/t_e$.

Gli isolatori in materiale elastomerico e acciaio sono individuati attraverso le loro curve caratteristiche forza-spostamento, generalmente non lineari, tramite i due parametri sintetici, ovvero la rigidezza equivalente $K_e$ e il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente $\xi_c$.

La rigidezza equivalente $K_e$, relativa a un ciclo di carico, è definita come rapporto tra la forza $F$ corrispondente allo spostamento massimo $d$ raggiunto in quel ciclo e lo stesso spostamento ($K_e = F/d$) e si valuta come prodotto del modulo dinamico equivalente a taglio $G_{din}$ per $A/t_e$.

Il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente $\xi_c$ si definisce come rapporto tra l'energia dissipata in un ciclo completo di carico $E_d$ e $2p\,F_d$, ossia $\xi_c = E_d /(2p \cdot F_d)$.

La rigidezza verticale $K_v$ è definita come rapporto tra la forza verticale di progetto $F_v$ e lo spostamento verticale $d_v$ ($K_v = F_v/d_v$).

Le massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso devono essere contenute entro limiti riportati nella tabella 67.2.

Le variazioni devono essere valutate con riferimento al terzo ciclo di prova. Le frequenze di prova per valutare le variazioni delle caratteristiche meccaniche sono 0,1 Hz e 0,5 Hz.

**Tabella 67.2. Massime differenze tra le caratteristiche meccaniche ottenute nelle prove di qualificazione e i valori di progetto o nelle normali condizioni d'uso**

| - | Fornitura | Invecchiamento | Temperatura | Frequenza di prova |
|---|---|---|---|---|
| $K_e$ | ± 20% | ± 20% | ± 20% | ± 20% |
| $K_v$ | - 30% | - | - | - |
| $\xi_e$ | ± 20% | ± 20% | ± 20% | ± 20% |

Le variazioni dovute al carico verticale, valutate come differenza tra i valori corrispondenti al carico verticale massimo e a quello minimo, non dovranno superare il 15% del valore di progetto.

### *57.5.1. Le prove di accettazione sui materiali*

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con le seguenti variazioni e aggiunte:
- le prove di invecchiamento vanno effettuate per 21 giorni a 70 °C;
- la variazione del modulo $G$ deve essere contenuta entro il 20% del valore iniziale;
- il modulo $G$ deve essere determinato anche per una deformazione tangenziale pari a ± 100%.

### *57.5.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi*

Le prove di qualificazione sui dispositivi possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2, fattore di forma primario $S_1$ uguale - con tolleranza del ± 10% - fattore di forma secondario $S_2$ uguale o maggiore) e a prodotti con gli stessi materiali di quelli provati. Esse devono essere effettuate nell'ordine e con le modalità di seguito specificate, a non meno di due giorni di distanza dalla vulcanizzazione per dispositivi di dimensioni inferiori ai 700 mm e a non meno di quattro giorni per dispositivi più grandi, così da avere una temperatura uniforme sull'intero dispositivo:
- determinazione statica della rigidezza a compressione tra il 30% e il 100% del carico verticale $V$ di progetto, opportunamente scalato, in presenza di sisma, e somma dei carichi verticali dovuti a permanenti e accidentali moltiplicati per opportuni coefficienti e alle eventuali azioni concomitanti (forze orizzontali, spostamenti e rotazioni);
- determinazione statica, sotto compressione costante e pari a 6 MPa, o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del ± 20%) - se questa è superiore a 8 MPa - del modulo statico di taglio $G$, convenzionalmente definito come il modulo secante tra le deformazioni di taglio corrispondenti agli spostamenti 0,27 $t_e$ e 0,58 $t_e$ mediante prove di carico-scarico, fino a uno spostamento massimo pari a $t_e$ e in corrispondenza del terzo ciclo;
- determinazione dinamica, sotto compressione costante e pari a 6 MPa o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del ±20%) - se questa è superiore a 8 MPa - del modulo dinamico di taglio $G_{din}$ e dello smorzamento $\xi$ mediante prove cicliche sinusoidali alla frequenza di 0,5 Hz e $\gamma$ = 1 e in corrispondenza del terzo ciclo, valutando $G_{din} = F_{te}/(A_d)$ come modulo secante in corrispondenza di $d/t_e = 1$, con l'obbligo per $G_{din}$ di ricadere nell'intervallo 0,35÷1,50 MPa;
- determinazione delle curve $G$-$\gamma$ e $\xi$-$\gamma$ mediante le prove dinamiche cicliche precedentemente descritte e per i seguenti valori di $\gamma$: 0,05, 0,3, 0,5, 0,7, 1,0, $\gamma_{max}$ e comunque per deformazioni corrispondenti, nel dispositivo reale, a spostamenti non inferiori a + 0,1 $d_2$, ± 0,2 $d_2$, ± 0,3 $d_2$, ± 0,5 $d_2$, ± 0,7 $d_2$, ± $d_2$, effettuando almeno cinque cicli per ciascuna ampiezza; $\gamma_{max}$ sarà preso pari a 1,5 se in corrispondenza di $d_2$ risulta $\gamma < 1,5$ e pari a 2 se $1,5 < \gamma < 2$;
- valutazione della stabilità del dispositivo sotto compressione e taglio, effettuata accertandosi che il dispositivo rimanga stabile se assoggettato a uno spostamento orizzontale pari ad 1,8 $t_e$ in presenza di un carico verticale pari sia a 1,5 $V_{max}$ che a 0,5 $V_{min}$ (indicando con $V_{max}$ e $V_{min}$ rispettivamente i valori massimo e minimo di $V$);
- valutazione della capacità di sostenere, sotto compressione costante e pari a 6 MPa o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del ± 20%) - se questa è superiore a 8 MPa -almeno dieci cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a $d_2$;
- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, effettuata sottoponendo l'isolatore, sotto compressione costante e pari a 6 MPa o al valore della tensione di compressione di progetto (con una tolleranza del ±20%) - se questa è superiore a 8 MPa - a una deformazione $\gamma > 2,5$ senza che si verifichino danni. Qualora in corrispondenza dello spostamento di progetto il dispositivo subisca una deformazione $\gamma < 1,5$, il dispositivo

può essere caratterizzato per una deformazione $\gamma$= 2,0;
- determinazione delle caratteristiche di creep mediante prove di compressione sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del ±20%, della durata di almeno sette giorni. La deformazione verticale per creep deve essere inferiore al 20% della deformazione statica sotto il carico *V*. Il valore di riferimento della deformazione statica sarà assunto pari a quello misurato dopo dieci minuti dall'inizio dell'applicazione del carico.
Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno quattro dispositivi, due per le prove senza invecchiamento e due per le prove dopo invecchiamento artificiale, ottenuto mantenendo i dispositivi di prova per 21 giorni a 70 °C.
L'invecchiamento dovrà comunque essere preceduto dalla determinazione statica della rigidezza a compressione e del modulo statico di taglio *G*, secondo le modalità precedentemente definite, per valutare le caratteristiche dei dispositivi sottoposti a invecchiamento prima dell'invecchiamento stesso. I valori di *G* dopo l'invecchiamento non devono superare di 1,15 volte i valori di *G* prima dell'invecchiamento.
I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione non potranno essere utilizzati nella costruzione; essi invece potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e il controllo dei relativi parametri di verifica.
La validità delle prove di invecchiamento potrà essere estesa a tutti i dispositivi realizzati con la stessa mescola, indipendentemente dai rapporti di forma. Per qualificare lo stesso dispositivo per diversi valori della tensione di compressione le prove possono essere ripetute in sequenza sugli stessi dispositivi da qualificare, verificando che tra una prova e la successiva non si siano verificati danni ai dispositivi.

#### *57.5.3. Le prove di accettazione sui dispositivi*

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione e si riterranno superate se i risultati ottenuti soddisfano i limiti sotto specificati e se il modulo statico di taglio *G* non differisce da quello delle prove di qualificazione di oltre il ± 10%, sono le seguenti:
- misura della geometria esterna che dovrà rispettare le tolleranze prescritte dalle norme sugli apparecchi di appoggio, con l'unica deroga dei dispositivi di altezza superiore a 100 mm per i quali la tolleranza sulle altezze è di 6 mm;
- determinazione statica della rigidezza verticale tra il 30% e il 100% del carico *V*;
- determinazione del modulo statico di taglio *G* o in alternativa del modulo dinamico di taglio $G_{din}$, con le modalità specificate per le prove di qualificazione. Quest'ultima è da preferire, quando effettuabile, in quanto riduce le incertezze sul controllo del reale comportamento dinamico del dispositivo;
- valutazione di efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, con le modalità specificate per le prove di qualificazione, ma adottando per la deformazione $\gamma$ il valore corrispondente allo spostamento $d_2$.
Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi e comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera.

### *57.6. Gli isolatori a scorrimento*

Le superfici di scorrimento in acciaio e PTFE devono essere conformi alla normativa vigente per gli apparecchi di appoggio.
Gli isolatori a scorrimento devono essere in grado di sopportare, sotto spostamento massimo impresso pari a 1,2 $d_2$, almeno dieci cicli di carico e scarico. I cicli si riterranno favorevolmente sopportati se il coefficiente d'attrito *f*, nei cicli successivi al primo, non varierà di più del 25% rispetto alle caratteristiche riscontrate durante il terzo ciclo, ossia:

$$|f_{(i)} - f_{(3)}|/f_{(3)} < 0{,}25$$

dove
il pedice $_i$ indica le caratteristiche valutate all'*i*-esimo ciclo
il pedice $_3$ indica le caratteristiche valutate al terzo ciclo.

Detto $d_{dc}$ lo spostamento massimo di progetto del centro di rigidezza del sistema d'isolamento, corrispondente allo SLC, qualora l'incremento della forza nel sistema di isolamento per spostamenti tra 0,5 $d_{dc}$ e $d_{dc}$ sia inferiore all'1,25% del peso totale della soprastruttura, gli isolatori a scorrimento devono essere in grado di garantire la loro funzione di appoggio fino a spostamenti pari ad 1,25 $d_2$.
Si deve verificare che il coefficiente d'attrito sia comunque sempre inferiore al valore di progetto per variazioni nell'ambito della fornitura, della temperatura e della frequenza di prova.

### *57.6.1. Le prove di accettazione sui materiali*

Le prove di accettazione sulle superfici di scorrimento sono quelle previste dalle norme per gli apparecchi di appoggio.

### *57.6.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi*

Le prove di qualificazione sui dispositivi, che possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati sono le seguenti:
- determinazione statica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale $V$ di esercizio e a $V_{max}$ e a $V_{min}$, opportunamente scalati;
- determinazione dinamica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale $V$ di esercizio e a $V_{max}$ e a $V_{min}$, opportunamente scalati, e per tre valori della velocità (frequenza), pari a quella di progetto e alla stessa variata del ± 30%;
- valutazione della capacità di sostenere, sotto compressione costante e pari al valore della tensione di compressione di progetto, con una tolleranza del ±20%, almeno dieci cicli con spostamento massimo impresso almeno pari a $d_2$.

Qualora gli isolatori fossero dotati di elementi o meccanismi supplementari atti a migliorarne le prestazioni sismiche, le prove andranno ripetute con la presenza di tali parti supplementari.
Le prove di qualificazione devono essere effettuate su almeno due dispositivi. I dispositivi sottoposti a prove di qualificazione potranno essere utilizzati nella costruzione previa verifica della loro perfetta integrità a seguito delle prove, da accertare attraverso la successiva effettuazione delle prove di accettazione e il controllo dei relativi parametri di verifica.
Nel caso in cui le prove vengano effettuate su dispositivi in scala, i certificati di prova dovranno essere accompagnati da una relazione del produttore o del progettista che dimostri l'equivalenza dei risultati a quelli ottenibili su un dispositivo non in scala.

### *57.6.3. Le prove di accettazione sui dispositivi*

Le prove di accettazione sui dispositivi, che saranno effettuate con le modalità già viste per le prove di qualificazione, sono le seguenti:
- verifica delle tolleranze dimensionali delle superfici di scorrimento, come previste dalle norme per gli apparecchi di appoggio;
- determinazione statica del coefficiente d'attrito, per almeno tre valori della compressione, costante durante la prova, pari al carico verticale $V$ di esercizio, e ai valori di progetto sotto azioni sismiche $V_{max}$ e $V_{min}$.

Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera.
Qualora gli isolatori fossero dotati di elementi o meccanismi supplementari atti a migliorarne le prestazioni sismiche, su almeno un dispositivo completo di tali parti supplementari verrà anche condotta una prova quasi statica, imponendo almeno cinque cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima pari a ± $d_2$. Il dispositivo non potrà essere utilizzato nella costruzione, a meno che il suo perfetto funzionamento non sia ripristinabile con la sostituzione degli elementi base.

## *57.7. Dispositivi a vincolo rigido del tipo a fusibile*

I dispositivi a fusibile sono classificabili in due categorie:
- di tipo meccanico, quando lo svincolo è determinato dal rilascio di fermi sacrificali;

- di tipo idraulico, quando lo svincolo è governato dall'apertura di una valvola di sovrappressione.

### *57.7.1. Le prove di accettazione sui materiali*

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme per la determinazione della tensione e l'allungamento al limite elastico, la tensione e l'allungamento a rottura del materiale costituente gli elementi base del dispositivo e le caratteristiche di viscosità del fluido, se presente. Esse sono finalizzate a individuare i valori medi e quelli caratteristici delle quantità suddette e ad accertare la costanza di comportamento del materiale considerato e devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alla variazioni ambientali, la temperatura interna, l'invecchiamento.
Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore, in relazione al tipo di materiale, e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

### *57.7.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi*

Le prove di qualificazione vanno condotte su due dispositivi. Possono essere estese a tutti i dispositivi geometricamente simili (rapporti di scala geometrica compresi tra 0,5 e 2) e prodotti con gli stessi materiali di quelli provati. Le prove sono le seguenti:
- valutazione della capacità di sostenere almeno tre cicli monotonici con carico massimo impresso pari al valore di progetto di servizio, con una tolleranza del +10%, in assenza di snervamenti o rotture;
- valutazione della forza di rilascio, sottoponendo il campione a un carico monotonico sino al raggiungimento della rottura del fusibile (forza di rilascio). La tolleranza, rispetto al valore di progetto, deve essere definita dal progettista e, in assenza di tale valutazione, è pari a ±15%;
- valutazione del comportamento a fatica, ove richiesto dal progettista in relazione al tipo di applicazione. La prova viene eseguita sottoponendo uno dei due campioni a 2 milioni di cicli di carico e successivamente ai due precedenti test, verificando che il comportamento sia pressoché analogo a quello del dispositivo non provato ciclicamente e che non si manifestino snervamenti o rotture.
Se il materiale usato in produzione non è quello dello stesso lotto impiegato per la realizzazione dei prototipi qualificati, deve essere mostrato tramite prove sui materiali e opportuni calcoli che il valore della forza di rilascio rientri nella tolleranza di progetto.

### *57.7.3. Le prove di accettazione sui dispositivi*

Le prove di accettazione sui dispositivi saranno effettuate con le stesse modalità delle prove di qualificazione, a esclusione della prova a fatica, e si riterranno superate se i risultati ottenuti non differiranno da quelli delle prove di qualificazione di oltre il ± 10%. Inoltre, sarà effettuata una misura della geometria esterna, con tolleranza di ± 10% sugli spessori e ± 5% sulle lunghezze, per i componenti determinanti ai fini del comportamento.
Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera. Il dispositivo non potrà essere utilizzato nella costruzione, a meno che il suo perfetto funzionamento non sia ripristinabile con la sostituzione degli elementi base.

## *57.8. I dispositivi (dinamici) di vincolo provvisorio*

La corsa disponibile deve essere funzione dello spostamento di progetto non sismico, derivante da azioni lente - quali effetti termici, ritiro, viscosità - e da qualsiasi altro spostamento relativo che può interessare le parti che il dispositivo connette, incluso lo spostamento dovuto alla comprimibilità del fluido in presenza di azione sismica. In ogni caso, la corsa non deve essere minore di ± 50 mm per i ponti e di ± 25 mm per gli edifici.
Il dispositivo deve possedere due cerniere sferiche alle estremità onde evitare effetti di trafilamento e deterioramento delle guarnizioni e la capacità rotazionale deve essere valutata tenendo conto dei carichi che interesseranno la struttura nel corso della vita, degli effetti del sisma e dei disallineamenti di montaggio. In ogni caso, la rotazione consentita dalle cerniere non deve essere inferiore ai due gradi.
I dispositivi devono essere progettati in modo da evitare snervamenti sotto l'applicazione dei carichi di servizio e rotture sotto le condizioni di collasso. Devono essere inoltre in grado di sopportare le accelerazione laterali

risultanti dalle analisi sismiche strutturali allo SLC e, in assenza di tale valutazione, devono resistere a una forza minima pari ad almeno due volte il peso proprio del dispositivo. Il progetto e la costruzione del dispositivo devono consentire la manutenzione nel corso della vita utile ed evitare che fenomeni di instabilità interessino gli steli, nelle condizioni di massima estensione e in riferimento alla configurazione di messa in opera.
Il fattore di sicurezza nei confronti delle sovrappressioni, rispetto alle condizioni di progetto sismico allo SLC deve essere pari ad 1,5, salvo che per i dispositivi dotati di sistema di protezione dal sovraccarico incorporato, per i quali il sistema deve attivarsi per una forza minore del 110% della forza di progetto e il fattore di sicurezza deve essere assunto almeno pari ad 1,1.
La velocità di attivazione dei dispositivi tipicamente è compresa tra 0,5 mm/s e 5 mm/s, ovvero per valori decisamente maggiori di 0,01 mm/s.

### *57.8.1. Le prove di accettazione sui materiali*

Le prove di accettazione sui materiali sono quelle previste dalle vigenti norme e finalizzate ad accertare le caratteristiche di viscosità del fluido. Esse devono permettere di estrapolare il comportamento del materiale da quello del dispositivo e di verificare la sostanziale invariabilità del comportamento del dispositivo rispetto alla variazioni ambientali, la temperatura interna, l'invecchiamento.
Il tipo e le modalità di prova verranno stabiliti di volta in volta dal produttore in relazione al tipo di materiale e verranno giustificati con una relazione, di cui il produttore si assumerà piena e completa responsabilità, che chiarisca in ogni dettaglio il rapporto tra comportamento del materiale e comportamento del dispositivo.

### *57.8.2. Le prove di qualificazione sui dispositivi*

Le prove andranno realizzate ogni volta che si realizza un dispositivo la cui capacità di forza si differenzia di ± 20%, rispetto a dispositivi identici sia per gli aspetti concettuali sia per i materiali utilizzati.
Le prove nel seguito elencate non devono essere eseguite obbligatoriamente nell'ordine elencato, ad eccezione della verifica dell'usura delle guarnizioni, che deve essere eseguita prima della prova per la verifica del carico di progetto e per la verifica della capacità di sovraccarico. Al termine delle prove non dovranno essere visibili perdite, deterioramenti o degrado delle prestazioni.
Va accertata la capacità del dispositivo di sopportare per 120 secondi una pressione interna pari al 125% della pressione corrispondente al massimo carico per cui è progettato.
Le prove di qualificazione vanno condotte su due dispositivi con le seguenti modalità e nel seguente ordine:
- valutazione della forza assiale resistente a bassa velocità, mediante almeno una prova ciclica alternata, condotta a velocità costante minore o uguale a 0,1 mm/s, con ampiezza pari allo spostamento di progetto per azioni non sismiche e comunque almeno pari a 10 mm. La forza misurata dovrà soddisfare le condizioni di progetto con tolleranza fissata dal progettista e comunque non maggiore del 10% della forza di progetto. In alternativa, si può eseguire almeno un ciclo completo, imponendo una forza costante pari al 10% della forza di progetto, verificando che la velocità media registrata sia costante e maggiore di 0,01 mm/s;
- verifica della tenuta delle guarnizioni su uno dei due dispositivi, sottoponendo il dispositivo a 10.000 cicli con ampiezza pari al massimo spostamento di progetto previsto per azioni non sismiche. Per ridurre i tempi di esecuzione della prova è consentito abbattere la reazione che il dispositivo offre, anche a bassa velocità, riducendo la pressione interna o rimuovendo integralmente o parzialmente il fluido prima del test per poi reinserirlo al termine della storia di spostamenti;
- verifica del comportamento sotto azioni impulsive sottoponendo il dispositivo alla storia di carico nel seguito descritta:
- raggiungimento del carico di progetto per azioni sismiche in meno di 0,5 secondi e mantenimento costante dello stesso per un tempo stabilito dal progettista e comunque per almeno cinque secondi;
- inversione del carico in meno di un secondo e mantenimento costante dello stesso per un tempo di ……. e comunque per almeno cinque secondi.
Il dispositivo, sottoposto a tale storia di carico, deve assicurare che:
1) lo spostamento per i primi 0,5 secondi non superi il valore di progetto relativo alla forza di progetto e che, quando si procede all'inversione di segno della forza, lo spostamento totale non sia maggiore di due volte il valore di progetto;
2) la velocità misurata durante l'applicazione costante del carico non sia maggiore della velocità di attivazione.

- valutazione del comportamento rispetto a un sovraccarico, accertando che il dispositivo attivi il dispositivo di protezione dalle sovrappressioni per una forza minore a 1,5 volte quella di progetto, se dotato di sistema di protezione interno, o che non subisca né perdite di fluido né alcun danno al sistema, se ne è sprovvisto, sotto l'applicazione della storia di carico seguente:
1) raggiungimento del carico di progetto in meno di 0,5 secondi e mantenimento costante dello stesso per un tempo stabilito dal progettista e, comunque, per almeno cinque secondi;
2) inversione del carico in meno di un secondo e mantenimento costante dello stesso per un tempo di ……..… e comunque per almeno cinque secondi.
- verifica della capacità di non subire perdite di fluido interno o danni a seguito di azioni cicliche della durata pari alla parte stazionaria del terremoto atteso, sottoponendo il dispositivo a una storia di forza sinusoidale imposta, con valore medio nullo e ampiezza pari alla forza sismica di progetto allo SLC. La frequenza e la durata, comunque non inferiore a 15 secondi, devono essere definite dal progettista.

#### *57.8.3. Le prove di accettazione sui dispositivi*

Per il controllo di accettazione andranno condotti i test già descritti per le prove di qualificazione ovvero di:
- valutazione della forza assiale resistente a bassa velocità;
- verifica del comportamento sotto azioni impulsive;
- valutazione del comportamento rispetto a un sovraccarico.
Le prove di accettazione devono essere effettuate su almeno il 20% dei dispositivi, comunque su non meno di quattro e su non più del numero di dispositivi da mettere in opera. Il dispositivo potrà essere utilizzato nella costruzione, salvo verifica della sua perfetta integrità al termine delle prove.

## Art. 58. **Esecuzione delle coperture continue**

### *58.1. Definizioni*

Si definiscono *coperture continue* quelle in cui la tenuta all'acqua è assicurata indipendentemente dalla pendenza della superficie di copertura.
Esse si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:
- copertura senza elemento termoisolante con strato di ventilazione oppure senza;
- copertura con elemento termoisolante con strato di ventilazione oppure senza.
Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati), si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dagli strati funzionali definiti secondo la norma **UNI 8178** e di seguito descritti.

#### *58.1.1. Copertura non termoisolata non ventilata*

La copertura non termoisolata non ventilata avrà come strati di elementi fondamentali:
- l'elemento portante, con funzioni strutturali;
- lo strato di pendenza, con funzione di portare la pendenza della copertura al valore richiesto;
- l'elemento di tenuta all'acqua, con funzione di realizzare la prefissata impermeabilità all'acqua meteorica e di resistere alle sollecitazioni dovute all'ambiente esterno;
- lo strato di protezione, con funzione di limitare le alterazioni dovute ad azioni meccaniche, fisiche, chimiche e/o con funzione decorativa.

#### *58.1.2. Copertura ventilata ma non termoisolata*

La copertura ventilata ma non termoisolata avrà come strati ed elementi fondamentali:
- l'elemento portante;
- lo strato di ventilazione, con funzione di contribuire al controllo del comportamento igrotermico delle coperture attraverso ricambi d'aria naturali o forzati;
- lo strato di pendenza (se necessario);
- l'elemento di tenuta all'acqua;
- lo strato di protezione.

### *58.1.3. Copertura termoisolata non ventilata*

La copertura termoisolata non ventilata avrà come strati ed elementi fondamentali:
- l'elemento portante;
- lo strato di pendenza;
- lo strato di schermo o barriera al vapore con funzione di impedire (schermo), o di ridurre (barriera) il passaggio del vapore d'acqua e per controllare il fenomeno della condensa;
- l'elemento di tenuta all'acqua;
- l'elemento termoisolante con funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura;
- lo strato filtrante;
- lo strato di protezione.

### *58.1.4. Copertura termoisolata e ventilata*

La copertura termoisolata e ventilata avrà come strati ed elementi fondamentali:
- l'elemento portante con funzioni strutturali;
- l'elemento termoisolante;
- lo strato di irrigidimento o supporto, con funzione di permettere allo strato sottostante di sopportare i carichi previsti;
- lo strato di ventilazione;
- l'elemento di tenuta all'acqua;
- lo strato filtrante, con funzione di trattenere il materiale trasportato dalle acque meteoriche;
- lo strato di protezione.

La presenza di altri strati funzionali (complementari) eventualmente necessari perché dovuti alla soluzione costruttiva scelta dovrà essere coerente con le indicazioni della norma **UNI 8178**, sia per quanto riguarda i materiali utilizzati sia per quanto riguarda la collocazione rispetto agli altri strati nel sistema di copertura.

## *58.2. Realizzazione degli strati*

Per la realizzazione degli strati si utilizzeranno i materiali indicati nel progetto.
Ove non sia specificato in dettaglio nel progetto o a suo complemento, si rispetteranno le prescrizioni di seguito descritte.
Per l'elemento portante, a seconda della tecnologia costruttiva adottata, si farà riferimento alle prescrizioni già fornite nel presente capitolato sui calcestruzzi, sulle strutture metalliche, sulle strutture miste acciaio-calcestruzzo, sulle strutture o prodotti di legno, ecc.
Per l'elemento termoisolante si farà riferimento all'articolo sui materiali per isolamento termico e inoltre si provvederà che nella posa in opera siano realizzate correttamente le giunzioni, siano curati i punti particolari, siano assicurati adeguati punti di fissaggio e/o garantita una mobilità termoigrometrica rispetto allo strato contiguo.
Per lo strato di irrigidimento (o supporto), a seconda della soluzione costruttiva impiegata e del materiale, si verificherà la sua capacità di ripartire i carichi, la sua resistenza alle sollecitazioni meccaniche che deve trasmettere e la durabilità nel tempo.
Lo strato di ventilazione sarà costituito da un'intercapedine d'aria avente aperture di collegamento con l'ambiente esterno, munite di griglie, aeratori, ecc., capaci di garantire adeguato ricambio di aria, ma limitare il passaggio di piccoli animali e/o grossi insetti.
Lo strato di tenuta all'acqua sarà realizzato a seconda della soluzione costruttiva prescelta con membrane in fogli o prodotti fluidi da stendere in sito fino a realizzare uno strato continuo. Le caratteristiche delle membrane sono quelle indicate nell'articolo sui prodotti per coperture. In fase di posa si dovranno curare la corretta realizzazione dei giunti, utilizzando eventualmente i materiali ausiliari (adesivi, ecc.), e le modalità di realizzazione previste dal progetto e/o consigliate dal produttore nella sua documentazione tecnica, ivi incluse le prescrizioni sulle condizioni ambientali (umidità, temperature, ecc.) e di sicurezza. Attenzione particolare sarà data all'esecuzione dei bordi, punti particolari, risvolti, ecc., ove possono verificarsi infiltrazioni sotto lo strato. Le caratteristiche dei prodotti fluidi e/o in pasta sono quelle indicate nell'articolo sui prodotti per coperture. In fase di posa si dovrà porre cura nel seguire le indicazioni del progetto e/o del fabbricante, allo scopo di ottenere strati uniformi e dello

spessore previsto che garantiscano continuità anche nei punti particolari, quali risvolti, asperità, elementi verticali (camini, aeratori, ecc.).
Si presterà attenzione inoltre perché le condizioni ambientali (temperatura, umidità, ecc.) o altre situazioni (presenza di polvere, tempi di maturazione, ecc.) siano rispettate per favorire un'esatta rispondenza del risultato finale alle ipotesi di progetto.
Lo strato filtrante, quando previsto, sarà realizzato a seconda della soluzione costruttiva prescelta con fogli di nontessuto sintetico o altro prodotto adatto accettato dalla direzione dei lavori. Sarà curata la sua corretta collocazione nel sistema di copertura e la sua congruenza rispetto all'ipotesi di funzionamento, con particolare attenzione rispetto a possibili punti difficili.
Lo strato di protezione sarà realizzato secondo la soluzione costruttiva indicata dal progetto. I materiali (verniciature, granigliature, lamine, ghiaietto, ecc.) risponderanno alle prescrizioni previste nell'articolo loro applicabile. Nel caso di protezione costituita da pavimentazione, quest'ultima sarà eseguita secondo le indicazioni del progetto e/o secondo le prescrizioni previste per le pavimentazioni, curando che non si formino incompatibilità meccaniche, chimiche, ecc., tra la copertura e la pavimentazione sovrastante.
Lo strato di pendenza è solitamente integrato in altri strati, pertanto si rinviano i materiali allo strato funzionale che lo ingloba. Per quanto riguarda la realizzazione, si curerà che il piano (o i piani) inclinato che lo concretizza abbia corretto orientamento verso eventuali punti di confluenza e che nel piano non si formino avvallamenti più o meno estesi che ostacolino il deflusso dell'acqua. Si cureranno inoltre le zone raccordate all'incontro con camini, aeratori, ecc.
Lo strato di barriera o schermo al vapore sarà realizzato con membrane di adeguate caratteristiche (si veda l'articolo sui prodotti per coperture continue).
Nella fase di posa sarà curata la continuità dello strato fino alle zone di sfogo (bordi, aeratori, ecc.) e inoltre saranno seguiti gli accorgimenti già descritti per lo strato di tenuta all'acqua.
Per gli altri strati complementari riportati nella norma **UNI 8178**, si dovranno adottare soluzioni costruttive che impieghino uno dei materiali ammessi dalla norma stessa. Il materiale prescelto dovrà rispondere alle prescrizioni previste nell'articolo di questo capitolato a esso applicabile.

### *58.3. Lucernari*

#### *58.3.1. Generalità*

I lucernari sono discontinuità dei solai di copertura da realizzare con infisso esterno piano o inclinato, per consentire l'illuminazione naturale e/o l'areazione degli ambienti.
Possono essere:
- di tipo piano, verticale o a shed;
- di tipo continuo o puntiforme.

Il sistema costruttivo deve garantire le stesse prestazioni degli infissi verticali:
- tenuta dell'acqua piovana;
- resistenza al vento;
- resistenza al fuoco;
- permeabilità all'aria.

Deve essere consentito il rapido smaltimento delle acque piovane ed evitato il gocciolamento o la formazione di condensa sulla superficie vetrata interna negli ambienti riscaldati.

#### *58.3.2. Lucernari continui a sesto ribassato*

I lucernari continui a sesto ribassato sono realizzati a parete semplice (monoparete) o a doppia parete, mediante interposizione di guarnizione compatibile e inalterabile posta tra le due lastre di stessa morfologia.

#### *58.3.3. Lucernari a cupola*

Sono lucernari monolitici termoformati, in polimetilmetacrilato (PMMA) o policarbonato compatto, con morfologia a cupola, a base circolare-ampiezza della curva standard o secondo specifiche richieste.

*58.3.4. Norme di riferimento*

**UNI 9494** - *Evacuatori di fumo e calore. Caratteristiche, dimensionamento e prove*;
**UNI 10890** - *Elementi complementari di copertura. Cupole e lucernari continui di materiale plastico. Determinazione della resistenza alla grandine e limiti di accettazione*;
**UNI 8090** - *Edilizia. Elementi complementari delle coperture. Terminologia*;
**UNI EN ISO 10077-1** - *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti. Calcolo della trasmittanza termica. Parte 1: Generalità*.

## Art. 59. **Esecuzione delle coperture discontinue**

*59.1. Generalità*

Si definiscono *coperture discontinue* quelle in cui l'elemento di tenuta all'acqua assicura la sua funzione solo per valori della pendenza maggiori di un minimo, che dipende prevalentemente dal materiale e dalla conformazione dei prodotti.
Esse si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:
- coperture senza elemento termoisolante, con strato di ventilazione oppure senza;
- coperture con elemento termoisolante, con strato di ventilazione oppure senza.

*59.2. Strati funzionali*

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati), si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dagli strati funzionali definiti secondo la norma **UNI 8178**.
La copertura non termoisolata e non ventilata avrà come strati ed elementi fondamentali:
- l'elemento portante, con funzione di sopportare i carichi permanenti e i sovraccarichi della copertura;
- lo strato di pendenza, con funzione di portare la pendenza al valore richiesto (questa funzione è sempre integrata in altri strati);
- l'elemento di supporto, con funzione di sostenere gli strati a esso appoggiati (e di trasmettere la forza all'elemento portante);
- l'elemento di tenuta, con funzione di conferire alle coperture una prefissata impermeabilità all'acqua meteorica e di resistere alle azioni meccaniche fisiche e chimiche indotte dall'ambiente esterno e dall'uso.

La copertura non termoisolata e ventilata avrà come strati ed elementi funzionali:
- lo strato di ventilazione, con funzione di contribuire al controllo delle caratteristiche igrotermiche attraverso ricambi d'aria naturali o forzati;
- lo strato di pendenza (sempre integrato);
- l'elemento portante;
- l'elemento di supporto;
- l'elemento di tenuta.

La copertura termoisolata e non ventilata avrà come strati ed elementi fondamentali:
- l'elemento termoisolante, con funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura;
- lo strato di pendenza (sempre integrato);
- l'elemento portante;
- lo strato di schermo al vapore o barriera al vapore, con funzione di impedire (schermo) o di ridurre (barriera) il passaggio del vapore d'acqua e per controllare il fenomeno della condensa;
- l'elemento di supporto;
- l'elemento di tenuta.

La copertura termoisolata e ventilata avrà come strati ed elementi fondamentali:
- l'elemento termoisolante;
- lo strato di ventilazione;
- lo strato di pendenza (sempre integrato);
- l'elemento portante;

- l'elemento di supporto;
- l'elemento di tenuta.
La presenza di altri strati funzionali (complementari), eventualmente necessari perché dovuti alla soluzione costruttiva scelta, dovrà essere coerente con le indicazioni della norma **UNI 8178**, sia per quanto riguarda i materiali utilizzati sia per quanto riguarda la collocazione nel sistema di copertura.

*59.3. Realizzazione degli strati*

Per la realizzazione degli strati della copertura si utilizzeranno i materiali indicati nel progetto esecutivo. Ove non sia specificato in dettaglio nel progetto o a suo complemento, si rispetteranno le prescrizioni seguenti:
- per l'elemento portante vale quanto già indicato in questo articolo;
- per l'elemento termoisolante vale quanto indicato nell'articolo sulle membrane destinate a formare strati di protezione;
- per l'elemento di supporto a seconda della tecnologia costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date nel presente capitolato su prodotti di legno, malte di cemento, profilati metallici, getti di calcestruzzo, elementi preformati di base di materie plastiche. Si verificherà, durante l'esecuzione, la sua rispondenza alle prescrizioni del progetto e l'adeguatezza nel trasmettere i carichi all'elemento portante nel sostenere lo strato sovrastante;
- l'elemento di tenuta all'acqua sarà realizzato con i prodotti previsti dal progetto e che rispettino anche le prescrizioni previste nell'articolo sui prodotti per coperture discontinue. In fase di posa si dovrà curare la corretta realizzazione dei giunti e/o le sovrapposizioni, utilizzando gli accessori (ganci, viti, ecc.) e le modalità esecutive previste dal progetto e/o consigliate dal produttore nella sua documentazione tecnica, ivi incluse le prescrizioni sulle condizioni ambientali (umidità, temperatura, ecc.). Particolare attenzione dovrà essere prestata nella realizzazione dei bordi, dei punti particolari e comunque ove è previsto l'uso di pezzi speciali e il coordinamento con opere di completamento e finitura (scossaline, gronde, colmi, camini, ecc.);
- per lo strato di ventilazione vale quanto già indicato in questo articolo. Inoltre, nel caso di coperture con tegole posate su elemento di supporto discontinuo, la ventilazione può essere costituita dalla somma delle microventilazioni sottotegola;
- lo strato di schermo al vapore o barriera al vapore dovrà soddisfare quanto prescritto in questo articolo;
- per gli altri strati complementari il materiale prescelto dovrà rispondere alle prescrizioni previste nell'articolo di questo capitolato a esso applicabile.

*59.4. Controlli del direttore dei lavori*

Il direttore dei lavori verificherà i collegamenti tra gli strati, la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato e l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili, verificherà con semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (portate, punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.), l'impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, la continuità (o discontinuità) degli strati, ecc.
A conclusione dell'opera dovranno essere eseguite prove (anche solo localizzate) per verificare la tenuta all'acqua, le condizioni di carico (frecce), la resistenza ad azioni localizzate, e quanto altro può essere verificato direttamente *in situ*.

## Art. 60. **Opere di impermeabilizzazione**

*60.1. Definizioni*

Si definiscono *opere di impermeabilizzazione* quelle che servono a limitare (o ridurre entro valori prefissati) il passaggio di acqua (sotto forma liquida o vapore) attraverso una parte dell'edificio (pareti, fondazioni, pavimenti contro terra, ecc.) o comunque lo scambio igrometrico tra ambienti.
Le opere di impermeabilizzazione si dividono in:
- impermeabilizzazioni costituite da strati continui (o discontinui) di prodotti;
- impermeabilizzazioni realizzate mediante la formazione di intercapedini ventilate.

### *60.2. Categorie di impermeabilizzazioni*

Le impermeabilizzazioni si intendono suddivise nelle seguenti categorie:
- impermeabilizzazioni di coperture continue o discontinue;
- impermeabilizzazioni di pavimentazioni;
- impermeabilizzazioni di opere interrate;
- impermeabilizzazioni di elementi verticali (non risalita d'acqua).

### *60.3. Realizzazione*

Per la realizzazione delle diverse categorie si utilizzeranno i materiali e le modalità indicate negli altri documenti progettuali. Ove non siano specificate in dettaglio nel progetto o a suo completamento si rispetteranno le prescrizioni seguenti:
- per le impermeabilizzazioni di coperture, si veda il relativo articolo di questo capitolato.
- per le impermeabilizzazioni di pavimentazioni, si veda l'articolo sui prodotti per pavimentazione.

#### *60.3.1. Impermeabilizzazione di opere interrate*

Per l'impermeabilizzazione di opere interrate valgono le prescrizioni di seguito indicate.
Per le soluzioni che adottino membrane in foglio o rotolo si sceglieranno i prodotti che per resistenza meccanica a trazione, agli urti e alla lacerazione, meglio si prestano a sopportare l'azione del materiale di rinterro (che comunque dovrà essere ricollocato con le dovute cautele). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ridurre entro limiti accettabili le azioni di insetti, muffe, radici e sostanze chimiche presenti del terreno. Inoltre durante la realizzazione, si curerà che i risvolti, i punti di passaggio di tubazioni, ecc. siano accuratamente eseguiti, onde evitare sollecitazioni localizzate o provocare distacchi e punti di infiltrazione.
Per le soluzioni che adottano prodotti rigidi in lastre, fogli sagomati e similari (con la formazione di interspazi per la circolazione di aria) si opererà come indicato sopra a proposito della resistenza meccanica. Per le soluzioni ai bordi e nei punti di attraversamento di tubi, ecc., si eseguirà con cura la soluzione adottata in modo da non costituire punti di infiltrazione e di debole resistenza meccanica.
Per le soluzioni che adottano intercapedini di aria si curerà la realizzazione della parete più esterna (a contatto con il terreno), in modo da avere continuità e adeguata resistenza meccanica. Al fondo dell'intercapedine si formeranno opportuni drenaggi dell'acqua che limitino il fenomeno di risalita capillare nella parete protetta.
Per le soluzioni che adottano prodotti applicati fluidi o in pasta, si sceglieranno prodotti che possiedano caratteristiche di impermeabilità e anche di resistenza meccanica (urti, abrasioni, lacerazioni). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ottenere valori accettabili di resistenza ad agenti biologici quali radici, insetti, muffe, ecc., nonché di resistenza alle possibili sostanze chimiche presenti nel terreno. Durante l'esecuzione, si curerà la corretta esecuzione di risvolti e dei bordi, nonché dei punti particolari quali passaggi di tubazioni, ecc. in modo da evitare possibili zone di infiltrazione e/o distacco. La preparazione del fondo, l'eventuale preparazione del prodotto (miscelazioni, ecc.), le modalità di applicazione - ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura ed umidità) e quelle di sicurezza - saranno quelle indicate dal produttore nella sua documentazione.

#### *60.3.2. Impermeabilizzazioni di elementi verticali*

Per le impermeabilizzazioni di elementi verticali (con risalita d'acqua) si eseguiranno strati impermeabili (o drenanti) che impediscano o riducano al minimo il passaggio di acqua per capillarità, ecc.
Gli strati dovranno essere realizzati con fogli, prodotti spalmati, malte speciali, ecc. curandone la continuità e la collocazione corretta nell'elemento. L'utilizzo di estrattori di umidità per murature, malte speciali e altri prodotti similari sarà ammesso solo con prodotti di provata efficacia e osservando scrupolosamente le indicazioni del progetto e del produttore per la loro realizzazione.

### *60.4. Controlli del direttore dei lavori*

Il direttore dei lavori, per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione, verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti e inoltre, almeno per gli strati più significativi, verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la

funzione attribuita all'elemento o strato considerato. In particolare, verificherà i collegamenti tra gli strati, la realizzazione di giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato, l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili, verificherà con semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.) l'impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, la continuità (o discontinuità) degli strati, ecc.
A conclusione dell'opera, eseguirà prove (anche solo localizzate) per verificare le resistenze ad azioni meccaniche localizzate, l'interconnessione e compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento.

## Art. 61. **Esecuzione delle pareti esterne e delle partizioni interne**

### *61.1. Definizioni*

Per *parete esterna* si intende il sistema edilizio avente la funzione di separare e conformare gli spazi interni al sistema rispetto all'esterno.
Per *partizione interna* si intende un sistema edilizio avente funzione di dividere e conformare gli spazi interni del sistema edilizio.
Nell'esecuzione delle pareti esterne si terrà conto della loro tipologia (trasparente, portante, portata, monolitica, a intercapedine, termoisolata, ventilata) e della loro collocazione (a cortina, a semicortina o inserita).
Nell'esecuzione delle partizioni interne si terrà conto della loro classificazione in partizione semplice (solitamente realizzata con piccoli elementi e leganti umidi) o partizione prefabbricata (solitamente realizzata con montaggio in sito di elementi predisposti per essere assemblati a secco).

### *61.2. Strati funzionali*

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati), si intende che ciascuna delle categorie di parete è composta da più strati funzionali (costruttivamente uno strato può assolvere a più funzioni).

#### *61.2.1. Pareti esterne o partizioni interne realizzate a base di elementi di laterizio, calcestruzzo, ecc.*

Le pareti esterne o partizioni interne realizzate a base di elementi di laterizio, calcestruzzo, calcio silicato, pietra naturale o ricostruita e prodotti similari saranno realizzate con le modalità descritte nell'articolo sulle opere di muratura, tenendo conto delle modalità di esecuzione particolari (giunti, sovrapposizioni, ecc.) richieste quando la muratura ha compiti di isolamento termico, acustico, resistenza al fuoco, ecc. Per gli altri strati presenti morfologicamente e con precise funzioni di isolamento termico, acustico, barriera al vapore, ecc., si rinvia alle prescrizioni date nell'articolo relativo alle coperture.
Per gli intonaci e i rivestimenti in genere, si rinvia all'articolo sull'esecuzione di queste opere. Comunque, in relazione alle funzioni attribuite alle pareti e al livello di prestazione richiesto, si curerà la realizzazione dei giunti, la connessione tra gli strati e le compatibilità meccaniche e chimiche.
Nel corso dell'esecuzione, si curerà la completa esecuzione dell'opera con attenzione alle interferenze con altri elementi (impianti), all'esecuzione dei vani di porte e finestre, alla realizzazione delle camere d'aria o di strati interni, avendo cura che non subiscano schiacciamenti, discontinuità, ecc. non coerenti con la funzione dello strato.

##### *61.2.1.1. Applicazione dei pannelli di cartongesso*

I pannelli di cartongesso devono essere fissati alle strutture esistenti mediante tasselli con alette laterali antirotazione e collare per evitare tensioni sui materiali e impedire al tassello di penetrare nel foro.
La stuccatura dei giunti deve essere effettuata con prodotto premiscelato composto da gesso, farina di roccia e additivi specifici per migliorare la lavorazione e l'adesione. Tale prodotto può essere anche utilizzato per la rasatura completa e per l'incollaggio (ad esempio su calcestruzzo) di lastre in cartongesso e per piccole riparazioni di parti in gesso o cartongesso ammalorate. La superficie deve essere asciutta, consistente e libera da

polvere, sporco, efflorescenze saline, ecc. Eventuali tracce di oli, grassi, cere, ecc. devono essere preventivamente rimosse. Bisogna verificare che le lastre in cartongesso siano fissate adeguatamente al supporto. Le superfici lisce e non assorbenti devono essere preventivamente trattate con specifico prodotto. Il trattamento deve essere effettuato anche per le superfici molto assorbenti.
La lavorazione del prodotto per stuccatura deve essere effettuata con spatola, frattazzo e cazzuola. Non deve essere utilizzato il materiale che sta indurendo né deve essere aggiunta acqua per tentare di ripristinare la lavorabilità perduta. Bisogna stuccare i giunti avendo cura di annegare apposite retine di armatura e applicando successivamente due mani di rasatura a distanza di almeno 5-7 ore l'una dall'altra.

#### *61.2.2. Partizioni interne costituite da elementi predisposti per essere assemblati in sito*

Le partizioni interne costituite da elementi predisposti per essere assemblati in sito (con o senza piccole opere di adeguamento nelle zone di connessione con le altre pareti o con il soffitto) devono essere realizzate con prodotti rispondenti alle prescrizioni date nell'articolo sui prodotti per pareti esterne e partizioni interne. Nell'esecuzione si seguiranno le modalità previste dal produttore (ivi incluso l'utilizzo di appositi attrezzi) e approvate dalla direzione dei lavori.
Si curerà la corretta predisposizione degli elementi che svolgono anche funzione di supporto, in modo da rispettare le dimensioni, le tolleranze e i giochi previsti o comunque necessari ai fini del successivo assemblaggio degli altri elementi. Si curerà che gli elementi di collegamento e di fissaggio vengano posizionati e installati in modo da garantire l'adeguata trasmissione delle sollecitazioni meccaniche.
Il posizionamento di pannelli, vetri, elementi di completamento, ecc. sarà realizzato con l'interposizione di guarnizioni, distanziatori, ecc., che garantiscano il raggiungimento dei livelli di prestazione previsti e siano completate con sigillature, ecc. Il sistema di giunzione nel suo insieme deve completare il comportamento della parete e deve essere eseguito secondo gli schemi di montaggio previsti. Analogamente, si devono eseguire secondo gli schemi previsti e con accuratezza le connessioni con le pareti murarie, con i soffitti, ecc.

#### *61.2.3. Norme antincendio*

Si richiamano le seguenti norme:
**D.M. 9 marzo 2007** - *Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco*;
**D.M. 30 novembre 1983** - *Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi.*

#### *61.2.4. Pareti interne o esterne verticali*

**UNI EN 1051-1** - *Vetro per edilizia. Diffusori di vetro per pareti e pavimentazioni. Parte 1: Definizioni e descrizione*;
**UNI EN 1051-2** - *Vetro per edilizia. Mattoni di vetro per pareti e pavimentazioni. Parte 2: Valutazione di conformità/Norma di prodotto.*

## Art. 62. **Esecuzione di intonaci**

### *62.1. Generalità*

L'esecuzione degli intonaci deve sempre essere preceduta da un'accurata preparazione delle superfici.
Le superfici da intonacare devono essere ripulite da eventuali grumi di malta, regolarizzate nei punti più salienti e poi accuratamente bagnate.
Nel caso di murature in blocchetti di calcestruzzo o pareti in getto di calcestruzzo, l'esecuzione degli intonaci deve essere preceduta da un rinzaffo di malta fluida di sabbia e cemento applicata a cazzuola e tirata a frettazzo lungo in modo da formare uno strato molto scabro dello spessore non superiore a 5 mm.
Non si può procedere all'esecuzione di intonaci, in particolare quelli esterni, quando le strutture non siano protette dagli agenti atmosferici, ossia quando vi sia la possibilità che le acque di pioggia possano imbibire le

superfici da intonacare e neppure quando la temperatura minima nelle 24 ore sia tale da pregiudicare la buona presa della malta. A questa limitazione si può derogare nel caso degli intonaci interni eseguiti in ambienti provvisoriamente chiusi e provvisti di adeguate sorgenti di calore.
Nel caso dell'esecuzione di intonaci su murature appoggiate contro strutture in conglomerato di cemento armato che saranno lasciate a vista, in corrispondenza delle linee di giunzione si devono realizzare scuretti aventi larghezza di 1 cm e profondità di 50 cm - se a spigolo vivo - o a 45° se le strutture in calcestruzzo si presentano con spigoli smussati.
Se espressamente indicato nei disegni di progetto esecutivo, in corrispondenza dell'intersezione tra i piani verticali e i piani orizzontali degli intonaci interni, devono essere realizzati degli scuretti sui piani verticali aventi altezza 1 cm e profondità 50 cm.
Nel caso di intonaci da applicare su strutture di calcestruzzo di cemento armato, si prescrive l'impiego di una rete metallica (o altro materiale idoneo) fissato al supporto allo scopo di eliminare la cavillature lungo le linee di contatto tra i due materiali di diversa costituzione.
Gli intonaci finiti devono avere lo spessore maggiore o uguale a quello indicato nel progetto esecutivo o voce dell'elenco prezzi, compreso l'onere per la formazione degli spigoli, angoli, suggellature all'incrocio con i pavimenti e i rivestimenti e quanto altro richiesto dalla direzione dei lavori.

### *62.2. Intonaco grezzo o rinzaffo rustico*

L'intonaco grezzo deve essere costituito da uno strato di rinzaffo rustico, applicato con predisposte poste e guide, su pareti, soffitti e volte sia per interni sia per esterni. Ad applicazione conclusa non dovranno notarsi parti mancanti anche di piccole dimensioni e la superficie dovrà essere sufficientemente ruvida da garantire l'ancoraggio dello strato successivo.
L'applicazione può essere eseguita senza l'uso di guide, a mano con cazzuola o con macchina intonacatrice con successiva regolarizzazione dello strato di malta mediante staggiatura
L'intonaco può essere composto:
- con malta di calce e pozzolana, composta da 120 kg di calce idrata per 1 $m^3$ di pozzolana vagliata;
- con malta bastarda di calce, sabbia e cemento composta da 0,35 $m^3$ di calce spenta, 100 kg di cemento tipo 325 e 0,9 $m^3$ di sabbia;
- con malta cementizia composta da 300 kg di cemento tipo 325 per 1 $m^3$ di sabbia;
- con malta preconfezionata di calce naturale, costituita esclusivamente da aggregati di sabbie a polveri carbonatiche selezionate in curva granulometrica 0-4, legante di calce aerea e calce idraulica bianca.

### *62.3. Intonaco grezzo fratazzato o traversato*

L'intonaco grezzo fratazzato (o traversato) deve essere costituito da un primo strato di rinzaffo e da un secondo strato fratazzato rustico, applicato con predisposte poste e guide (o sesti), su pareti e soffitti, sia per interni sia per esterni.

### *62.4. Intonaci a base di gesso per interni*

#### *62.4.1. Intonaco completo per interni di tipo premiscelato, monoprodotto, per applicazione a macchina*

L'intonaco completo per interni di tipo premiscelato, monoprodotto, costituito da miscela di gesso emidrato (scagliola), perlite espansa e additivi chimici, confezionata in sacchi, deve essere applicato a macchina su superfici in laterizio o calcestruzzo, spianatura con riga e lisciatura a frattazzo. Per sottofondi speciali, bisogna osservare le istruzioni del fornitore. In locali umidi (bagni, cucine, garage), l'uso di questo tipo di intonaco è da evitare e si consiglia l'applicazione di intonaci a base di calce e cemento.
I giunti di elementi diversi devono essere armati con una rete in fibra di vetro alcali resistente. La rete portaintonaco non deve essere fissata direttamente alla muratura, ma va immersa nella parte superficiale. Gli eventuali fori o lesioni nella muratura devono essere precedentemente chiusi. Per rispettare la piombatura delle pareti è consigliabile predisporre paraspigoli o staggie negli angoli e guide verticali nelle pareti.
Non è possibile interrompere la spruzzatura dell'intonaco per un periodo di tempo maggiore di 30 minuti. Si

applica in un unico strato sino a spessori di 5-30 mm spruzzando dal basso verso l'alto e, successivamente, si raddrizza con staggia ad H o coltello con passaggi in senso orizzontale e verticale sino a ottenere una superficie piana. Dopo l'irrigidimento (circa due ore), il materiale va spianato con la lama o il rabot. Per una finitura a civile, può essere successivamente applicata una malta fina a base di calce, senza l'aggiunta di cemento.
L'intonaco deve essere applicato su fondi asciutti con umidità non superiore al 2,5%. L'intonaco fresco deve essere protetto dal gelo e da una rapida essiccazione.
Le pitture, i rivestimenti, le tappezzerie, ecc. devono essere applicati solo dopo la completa essiccazione e la stagionatura degli intonaci.

### *62.4.2. Intonaco completo per interni di tipo monoprodotto a base di gesso emidrato e anidrite, applicazione a mano*

L'intonaco completo per interni di tipo monoprodotto a base di gesso emidrato 60% e anidrite 40%, confezionato in sacchi, deve essere applicato a mano su superfici in laterizio o calcestruzzo, tirato in piano a frattazzo, rasata con strato di finitura dello stesso prodotto.

### *62.4.3. Intonaco completo per interni di tipo monoprodotto a base di gesso emidrato e anidrite, applicazione a macchina*

L'intonaco completo per interni di tipo monoprodotto a base di gesso emidrato 60% e anidrite 40%, confezionata in sacchi, deve essere applicato a macchina su superfici di laterizio o calcestruzzo, spianato con staggia e lisciato a frattazzo. Su intonaci a base cemento, è necessaria l'applicazione di primer.

### *62.4.4. Rasatura per interni di tipo monoprodotto per applicazione a mano*

La rasatura per interni di tipo monoprodotto di miscela di gesso emidrato (scagliola) e additivi chimici, confezionata in sacchi, deve essere applicata mano con cazzuola americana o frattazzo metallico. Su intonaci a base cemento, è necessaria l'applicazione di primer.
L'applicazione consta di due fasi ben distinte:
- 1ª fase (carica): l'intonaco impastato viene steso sulla parete o sul soffitto, fino allo spessore desiderato, con un opportuno numero di passate successive, utilizzando la tradizionale taloccia di legno. Lo spessore totale minimo è di 5 mm;
- 2ª fase (finitura): dopo circa 30 minuti, l'intonaco deve essere lamato con la spatola americana grande per togliere le eventuali ondulazioni e successivamente, utilizzando lo stesso impasto lasciato a riposo nel gabasso, si effettuano le operazioni di ricarica. La lisciatura speculare finale si ottiene passando la superficie a vista con la spatola americana piccola, bagnando leggermente la superficie. L'intonaco così finito è idoneo a ricevere pitture all'acqua e carte da parati a superficie completamente asciutta.
Nel periodo invernale si deve evitare che la temperatura ambiente scenda sotto i + 5 °C nelle prime 24 ore. Per ottenere un asciugamento ottimale è necessario arieggiare i locali, in modo da permettere la fuoriuscita dell'umidità.
Nel periodo estivo la temperatura dell'ambiente durante il periodo d'applicazione non dovrà superare i + 35 °C.
Il sottofondo, prima dell'applicazione del rivestimento, dovrà essere perfettamente asciutto. Sono idonei solo i collanti sintetici. La posa deve essere eseguita secondo il metodo del giunto aperto, riempito in seguito con il coprifughe.
Eventuali ferri d'armatura a filo murature devono essere trattati con idonea protezione antiruggine, così come le piattabande metalliche, che devono essere ricoperte con rete metallica in filo zincatofissata alla muratura.

### *62.4.5. Lisciatura per interni di tipo monoprodotto per applicazione a mano*

La lisciatura per interni di tipo monoprodotto deve essere applicata a mano con cazzuola americana o frattazzo metallico. Su intonaci a base di cemento, è necessaria l'applicazione di primer.
Le modalità di applicazione del gesso scagliola per lisciatura, quando viene usata come rasatura, sono identiche a quelle descritte per l'applicazione a spessore. Si tenga conto che, a causa dello spessore sottile, minimo di 3 mm, vengono automaticamente ridotti i tempi di lavorabilità, specialmente se l'applicazione viene effettuata su sottofondo perfettamente asciutto.

*62.5. Intonaco per interni per trattamento acustico dei locali, di tipo premiscelato, a base di vermiculite, applicazione a spruzzo*

L'intonaco per interni per trattamento acustico dei locali, di tipo premiscelato, a base di vermiculite e leganti inorganici, resine e additivi chimici, confezionato in sacchi, deve essere applicato a spruzzo direttamente su sottofondi in calcestruzzo, laterizio e laterocemento.
Prima dell'applicazione dell'intonaco su superfici di calcestruzzo, si dovranno eliminare tutte le eventuali sporgenze di elementi metallici per evitare la fuoriuscita di macchie di ruggine e stendere una mano di imprimitura a base di resina.
Prima dell'applicazione dell'intonaco su superfici miste di calcestruzzo e laterizio, per rendere uniformi le superfici dovrà essere steso uno strato sottile di intonaco grezzo.
La finitura verrà realizzata come previsto nei disegni di progetto, secondo una delle tipologie sotto indicate:
- lisciato, con sovrapposizione di finitura speciale a base di vermiculite (spessore 2 mm), colorata in pasta;
- non lisciato, con sovrapposizione di finitura speciale a base di perlite fine (spessore 1 mm), colorata in pasta;
- non lisciato (naturale).

*62.6. Intonaco per interni per protezione antincendio*

L'intonaco resistente alla fiamma deve essere costituito da miscela di vermiculite, leganti speciali e additivi chimici, dovrà essere applicato su pareti e soffitti aventi superficie rasata o rustica, per lo spessore minimo di 20 mm, e comunque adeguati a quanto richiesto dalle norme antincendio.
Deve essere applicato a spruzzo sia direttamente sulle superfici da proteggere sia sull'eventuale inscatolamento eseguito con l'impiego di un'adeguata rete porta intonaco.
Nel caso di applicazione su superfici in acciaio, le stesse dovranno essere preventivamente trattate con vernici antiruggine e liberate da polvere, grasso, olio e altre sostanze estranee.

*62.7. Intonaco isolante termico a base di leganti idraulici e polistirene,applicazione a spruzzo*

L'intonaco isolante, miscela di granule di polistirene, leganti idraulici e additivi, confezionata in sacchi, si deve applicare a spruzzo nello spessore previsto sui disegni di progetto seguendo la procedura seguente:
- applicazione sul sottofondo grezzo di uno strato dello spessore di 10 mm di intonaco avente funzione di aggrappante;
- applicazione di strati successivi di intonaco, ciascuno dello spessore non superiore a 20 mm, sino al raggiungimento dello spessore previsto.

Eventuali altri strati di finitura, se previsti, dovranno essere posati a distanza di almeno quattro settimane dalla posa dell'intonaco.

*62.8. Intonaco per esterno di tipo plastico*

L'intonaco sarà costituito da un rinzaffo in malta di cemento tirato in piano a frattazzo dello spessore di 15 mm e successiva applicazione di un intonaco plastico a base di inerti minerali e leganti polimerici plastici, colorato, dato a frattazzo metallico, previa preparazione dello strato di ancoraggio.
L'intonaco plastico può essere applicato su intonaco grezzo, civile, di malta bastarda, intonachino e su elementi prefabbricati in conglomerato cementizio.
Prima dell'applicazione dovranno essere asportate tutte le zone inconsistenti di intonaco. Occorre eliminare la polvere con una spazzolatura manuale e primerizzare i fondi con idoneo fissativo.
L'applicazione del prodotto deve essere eseguita manualmente in doppio strato, applicando un primo strato con un normale frattone in acciaio. Appena quest'ultimo sarà asciutta, con lo stesso sistema si applicherà un secondo strato di prodotto. L'effetto rustico può essere immediatamente ottenuto con un rullo di caucciù o con rullo di spugna forata.
La maggiore o minore intensità dei rilievi è esclusivamente determinata dalla quantità di prodotto che si impiega.
.

*62.9. Intonachino (pastina) per esterno silossanico*

Il materiale è costituito da un intonachino di finitura a base silossanica, traspirante ***(DIN 52615 μ δ 100),*** e idrorepellente ***(DIN 52617 w δ 0,18 kg/m²h$^{0.5}$),***da utilizzare come stabilitura colorata su intonaci esterni grezzi o fini in mano unica. Fortemente idrorepellente con elevata permeabilità al vapore. Le strutture non interessate all'intervento (porte, finestre, ecc.) dovranno essere protette. I supporti devono trovarsi nelle condizioni
idonee a ricevere il ciclo di finitura e dovranno essere stati trattati in modo opportuno (spazzolatura, spolveratura, consolidamento).
La posa deve essere eseguita mediante spatola di plastica (o americana in acciaio),con successiva frattazzatura.

## 62.10. Intonaco risanante ad azione deumidificante

L'intonaco deumidificante è impiegato per il risanamento di murature umide e saline, di ogni genere e spessore.
L'esecuzione dell'intonaco risanante ad azione deumidificante deve assicurare uno spessore minimo finito di 25 mm, realizzato in almeno due strati con malte premiscelate ad alta resistenza ai sali, composte da calci idrauliche naturali, pozzolana, marmi macinati in curva granulometrica 0-4 mm, terre colorate naturali e additivi areanti naturali.
L'intonaco deve essere applicato sulla muratura preventivamente liberata dalle parti di intonaco preesistenti per almeno 70 cm oltre la fascia d'umidità, previo lavaggio ripetuto mediante idropulitrice o getto d'acqua a pressione e spazzolatura, al fine di asportare polveri e incrostazioni saline, nel rispetto della seguente metodologia:
- applicare lo strato di rinzaffo a completa copertura del supporto per uno spessore minimo di 5 mm. Ad applicazione conclusa non dovranno notarsi parti mancanti anche di piccole dimensioni e la superficie dovrà essere sufficientemente ruvida da garantire l'ancoraggio dello strato successivo. Attendere l'asciugatura dello strato ed eventualmente ripetere l'applicazione nei punti che dovessero rimanere umidi;
- applicare in due mani lo strato di intonaco risanante ad azione deumidificante, livellando e portando in piano il supporto con finitura frattazzata per uno spessore totale minimo finito di 200 mm. Al prodotto in fase di indumento non deve essere aggiunta acqua per ripristinarne la lavorabilità.
Le finiture devono essere compatibili con il risanamento effettuato, preferibilmente traspiranti e a base di calce.

*62.11. Rivestimento cementizio flessibile per l'impermeabilizzazione di calcestruzzo e di intonaci*

Il rivestimento cementizio flessibile per l'impermeabilizzazione di calcestruzzo e di intonaci deve essere impermeabilizzante, bicomponente, elastoplastico. Il primo componente è un premiscelato in polvere a base di leganti idraulici, inerti selezionati e additivi che migliorano la lavorabilità e l'impermeabilità. Il secondo componente è un lattice a base di speciali polimeri sintetici in dispersione acquosa. La miscela dei due componenti deve produrre un impasto facilmente applicabile e avente un'ottima adesione su ogni tipo di supporto e realizzare un'impermeabilizzazione elastica capace di assecondare e assorbire i movimenti strutturali del calcestruzzo senza lesionarsi e risultando nel contempo impermeabile ai gas aggressivi dell'atmosfera, quali $CO_2$-$SO_2$.
Per l'applicazione, i supporti in calcestruzzo devono essere preparati per garantire un'ottima adesione del rivestimento impermeabile. È quindi necessario asportare tutte le parti incoerenti e prive di consistenza mediante scalpellatura, spazzolatura, idrolavaggio. Le tracce di oli, disarmanti, ruggine e sporco in genere devono essere rimosse e le superfici devono essere prive di ristagni d'acqua. Le parti degradate e i vespai devono essere preventivamente ripristinati con malta idonea e compatibile, in modo da ottenere una superficie uniforme.
La preparazione dell'impasto del rivestimento deve evitare l'inglobamento d'aria e deve essere omogeneo e privo di grumi, con buone caratteristiche di scorrevolezza e di tissotropia e di facile applicabilità.
L'applicazione può essere fatta meccanicamente con pompa spruzzatrice o manualmente con spatola inox, rasando uniformemente l'impasto sia in orizzontale che in verticale, fino a uno spessore massimo di 2 mm per mano. In zone particolarmente sollecitate deve essere applicata l'armatura del rivestimento con rete apposita e compatibile con il rivestimento.
Nella stagione calda, per evitare l'essiccazione rapida, è consigliato di bagnare il sottofondo di applicazione senza creare veli d'acqua.

*62.12. Impermeabilizzante antiumido trasparente silossanico per intonaci*

L'impermeabilizzazione dell'intonaco deve essere ottenuta con l'applicazione di un impregnante a forte capacità di penetrazione ed elevato effetto idrorepellente, anche per il trattamento di supporti compatti e poco porosi. Il prodotto non deve creare pellicole e deve lasciare inalterata la traspirazione dei supporti. Inoltre, deve prevenire la formazione di efflorescenze, muffe e salnitro. Il prodotto non deve essere usato su ceramica o superfici non assorbenti.

Le superfici da trattare devono essere pulite, asciutte in profondità e prive di residui di trattamenti precedenti. Eventuali fessure o cavità devono essere otturate.

*62.13. Paraspigoli in lamiera zincata*

I paraspigoli devono essere applicati prima della formazione degli intonaci e devono essere costituiti da profilati in lamiera zincata dell'altezza minima di 170 cm e dello spessore di 1 mm.

*62.14. Giunti di dilatazione*

I giunti di dilatazione possono essere realizzati con profili in polivinilcoloruro, in acciaio galvanizzato, in alluminio o in lamiera verniciata, con interposto elemento elastico, resistente agli agenti atmosferici. Il profilo deve avere la superficie di appoggio in neoprene o con caratteristiche tali da compensare le eventuali irregolarità della superficie d'appoggio. Le modalità di applicazione devono essere quelle indicate dal produttore, come riportato nella scheda tecnica del prodotto.

*62.15. Protezione degli intonaci realizzati*

Le superfici intonacate non ancora stagionate, specie se esterne, devono risultare protette dagli agenti atmosferici (pioggia battente, vento, sole, gelo, ecc.), nelle modalità indicate dal produttore, soprattutto per evitare la repentina essiccazione per effetto dell'azione vento e del sole.

## Art. 63. **Opere di vetrazione e serramentistica**

*63.1. Definizioni*

Per *opere di vetrazione* si intendono quelle che comportano la collocazione in opera di lastre di vetro (o prodotti similari sempre comunque in funzione di schermo), sia in luci fisse sia in ante fisse, o mobili di finestre, portefinestre o porte.

Per *opere di serramentistica* si intendono quelle relative alla collocazione di serramenti (infissi) nei vani aperti delle parti murarie destinate a riceverli.

*63.2. Realizzazione*

La realizzazione delle opere di vetrazione deve avvenire con i materiali e le modalità previsti dal progetto, e, ove questo non sia sufficientemente dettagliato, valgono le prescrizioni seguenti.

Le lastre di vetro in relazione al loro comportamento meccanico devono essere scelte tenendo conto delle loro dimensioni, delle sollecitazioni previste dovute a carico di vento e neve, delle sollecitazioni dovute a eventuali sbattimenti e delle deformazioni prevedibili del serramento.

Devono inoltre essere considerate per la loro scelta le esigenze di isolamento termico, acustico, di trasmissione luminosa, di trasparenza o traslucidità e di sicurezza, sia ai fini antinfortunistici sia di resistenza alle effrazioni, agli atti vandalici, ecc.

Per la valutazione della adeguatezza delle lastre alle prescrizioni predette, in mancanza di prescrizioni nel progetto, si intendono adottati i criteri stabiliti nelle norme UNI per l'isolamento termico e acustico, la sicurezza, ecc. (**UNI 7143**, **UNI 7144**, **UNI EN 12758** e **UNI 7697**).

Gli smussi ai bordi e negli angoli devono prevenire possibili scagliature.

I materiali di tenuta, se non precisati nel progetto, si intendono scelti in relazione alla conformazione e alle dimensioni delle scanalature (o battente aperto con ferma vetro) per quanto riguarda lo spessore e le dimensioni in genere, la capacità di adattarsi alle deformazioni elastiche dei telai fissi e ante apribili; la resistenza alle sollecitazioni dovute ai cicli termoigrometrici, tenuto conto delle condizioni microlocali che si creano all'esterno rispetto all'interno, ecc. e tenuto conto del numero, posizione e caratteristiche dei tasselli di appoggio, periferici e

spaziatori.
Nel caso di lastre posate senza serramento, gli elementi di fissaggio (squadrette, tiranti ecc.) devono avere adeguata resistenza meccanica ed essere preferibilmente di metallo non ferroso o comunque protetto dalla corrosione. Tra gli elementi di fissaggio e la lastra deve essere interposto materiale elastico e durabile alle azioni climatiche.
La posa in opera deve avvenire previa eliminazione di depositi e materiali dannosi dalle lastre, serramenti, ecc. e collocando i tasselli di appoggio in modo da far trasmettere correttamente il peso della lastra al serramento. I tasselli di fissaggio servono a mantenere la lastra nella posizione prefissata.
Le lastre che possono essere urtate devono essere rese visibili con opportuni segnali (motivi ornamentali, maniglie, ecc.).
La sigillatura dei giunti tra lastra e serramento deve essere continua in modo da eliminare ponti termici e acustici. Per i sigillanti e gli adesivi si devono rispettare le prescrizioni previste dal fabbricante per la preparazione, le condizioni ambientali di posa e di manutenzione. La sigillatura deve comunque essere conforme a quella richiesta dal progetto o effettuata sui prodotti utilizzati per qualificare il serramento nel suo insieme.
L'esecuzione effettuata secondo la norma **UNI 6534** potrà essere considerata conforme alla richiesta del presente capitolato nei limiti di validità della norma stessa.

### *63.3. Posa in opera dei serramenti*

La realizzazione della posa dei serramenti deve essere effettuata come indicato nel progetto esecutivo e, quando non precisato, deve avvenire secondo le prescrizioni seguenti.
Le finestre devono essere collocate su propri controtelai e fissate con i mezzi previsti dal progetto e comunque in modo da evitare sollecitazioni localizzate.
Il giunto tra controtelaio e telaio fisso, se non progettato in dettaglio, onde mantenere le prestazioni richieste al serramento, dovrà essere eseguito con le seguenti attenzioni:
- assicurare tenuta all'aria e isolamento acustico;
- gli interspazi devono essere sigillati con materiale comprimibile e che resti elastico nel tempo. Se ciò non fosse sufficiente (giunti larghi più di 8 mm) si sigillerà anche con apposito sigillante capace di mantenere l'elasticità nel tempo e di aderire al materiale dei serramenti;
- il fissaggio deve resistere alle sollecitazioni che il serramento trasmette sotto l'azione del vento o dei carichi dovuti all'utenza (comprese le false manovre).

La posa con contatto diretto tra serramento e parte muraria deve avvenire:
- assicurando il fissaggio con l'ausilio di elementi meccanici (zanche, tasselli a espansione, ecc.);
- sigillando il perimetro esterno con malta, previa eventuale interposizione di elementi separatori quali non tessuti, fogli, ecc.;
- curando l'immediata pulizia delle parti che possono essere danneggiate (macchiate, corrose, ecc.) dal contatto con la malta o altri prodotti utilizzati durante l'installazione del serramento.

Le porte devono essere posate in opera analogamente a quanto indicato per le finestre. Inoltre, si dovranno curare le altezze di posa rispetto al livello del pavimento finito.
Per le porte con alte prestazioni meccaniche (antieffrazione), acustiche, termiche o di comportamento al fuoco, si rispetteranno inoltre le istruzioni per la posa date dal fabbricante e accettate dalla direzione dei lavori.

### *63.4. Controlli del direttore di lavori*

Il direttore dei lavori, nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi e alle procedure), verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti. In particolare, verificherà la realizzazione delle sigillature tra lastre di vetro e telai e tra i telai fissi e i controtelai, l'esecuzione dei fissaggi per le lastre non intelaiate e il rispetto delle prescrizioni di progetto, del capitolato e del produttore per i serramenti con altre prestazioni. A conclusione dei lavori, il direttore eseguirà verifiche visive della corretta messa in opera e della completezza di giunti, sigillature, ecc., nonché i controlli orientativi circa la forza di apertura e chiusura dei serramenti (stimandole con la forza corporea necessaria) e l'assenza di punti di attrito non previsti. Eseguirà quindi prove orientative di tenuta all'acqua, con spruzzatori a pioggia e all'aria, con l'uso di fumogeni, ecc.

## Art. 64. **Esecuzione delle pavimentazioni**

### *64.1. Definizioni*

Le pavimentazioni si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:
- pavimentazioni su strato portante;
- pavimentazioni su terreno (dove cioè la funzione di strato portante del sistema di pavimentazione è svolta dal terreno).

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati), si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dagli strati funzionali di seguito descritti.

### *64.2. Esecuzione delle pavimentazioni interne con collante*

Le operazioni di posa in opera di pavimentazioni interne o esterne con strato collante si articolano nelle seguenti fasi:
- preparazione della superficie di appoggio;
- preparazione del collante;
- stesa dela collante e collocazione delle piastrelle;
- stuccatura dei giunti e pulizia.

PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI APPOGGIO

La superficie di fissaggio deve essere ben pulita e perfettamente piana, senza fessurazioni e screpolature. In caso contrario, devono essere eliminate le eventuali deformazioni utilizzando specifici materiali rasanti. Le parti non bene attaccate devono essere rimosse con molta cura.

PREPARAZIONE DEL COLLANTE

Le caratteristiche del collante devono rispettare le prescrizioni progettuali ed essere compatibili con il tipo di piastrella da fissare, ferme restando le eventuali indicazioni del direttore dei lavori.
L'impasto del collante deve essere perfettamente omogeneo, sufficientemente fluido e di facile applicazione.
Nella stesa e nella preparazione devono essere rispettate le istruzioni dei fornitori, per quanto concerne non solo il dosaggio, ma anche il tempo di riposo (normalmente 10-15 minuti).
Si evidenzia che, dal momento dell'impasto, la colla è utilizzabile per almeno tre ore. Anche per questo dato, che può dipendere dalle condizioni ambientali e in particolare dalla temperatura, conviene comunque fare riferimento alle specifiche tecniche dei fornitori.

STESA DEL COLLANTE E COLLOCAZIONE DELLE PIASTRELLE

Il collante deve essere applicato con un'apposita spatola dentellata che consente di regolare lo spessore dello strato legante e di realizzare una superficie con solchi di profondità appropriata a delimitare le zone di primo contatto fra lo strato legante e le piastrelle.
Quando la piastrella viene appoggiata e pressata sulla superficie del collante, tale zona si allarga, fino a interessare, aderendovi, gran parte della faccia della piastrella. Occorre, quindi, applicare il collante, volta per volta, in superfici limitate, controllando ogni tanto che l'adesivo non abbia ridotto il proprio potere bagnante. Questo controllo si può effettuare staccando una piastrella subito dopo l'applicazione e verificando l'adesione del collante alla superficie d'attacco oppure appoggiando i polpastrelli della mano al collante. Se tale controllo non è soddifacente, è necessario rinnovare la superficie dell'adesivo mediante applicazione di uno strato fresco.

STUCCATURA DEI GIUNTI E PULIZIA

L'operazione di stuccatura dei giunti, con cemento bianco specifico per fughe, deve essere effettuata mediante una spatola di gomma o di materiale plastico, in modo da ottenere un riempimento completo dei giunti.
Una prima pulizia della pavimentazione deve essere effettuata mediante spugna umida. Successivamente si può procedere ad una pulizia più accurata usando prodotti per la pulizia dei pavimenti.

### *64.3. Soglie e davanzali*

Tutti i davanzali e le soglie di finestre e porte-finestre saranno in marmo (o pietra naturale) spessore non inferiore a 3 cm e larghezza non inferiore allo spessore del vano nel quale devono essere collocate. Le soglie interne ed esterne, per luci fino a 150 cm, dovranno essere costituite da un unico elemento.
Le soglie dovranno essere lucidate nella parte a vista e poste in opera con malta cementizia.
Le soglie esterne dovranno essere dotate di intagli per mazzette e listello per battuta serramento in alluminio o in PVC rigido.
La parte ammorsata delle soglie esterne non dovrà essere inferiore a 3 cm, mentre dovrà essere di almeno 2 cm per quella delle porte interne.

### *64.4. Zoccolino battiscopa*

Gli zoccolini battiscopa, nella forma e nel materiale (legno, plastica, marmo, gres, ceramica, ecc.) dipendente dal tipo di pavimentazione, possono essere fissati alle pareti con:
- malta cementizia;
- colla utilizzata per l'esecuzione delle pavimentazioni;
- viti ad espansione.

Gli zoccolini dovranno avere le caratteristiche dimensionali definite nel progetto esecutivo.
La posa in opera degli zoccolini battiscopa in gres, ceramica, marmo con malta cementizia (o colla) deve essere completata con la stuccatura, la stilatura e la suggellatura dei giunti con cemento bianco specifico per fughe.

### *64.5. Esecuzione di pavimentazioni esterne in piastrelle segate regolari in quarzite*

Le piastrelle regolari in quarzite di vario spessore (variabile da 1 a 4 cm) potranno essere impiegate per la pavimentazione di:
- marciapiedi, strade, piazze;
- sottoportici, giardini, patii, marciapiedi.

Le piastrelle, fino a spessori di 4 cm, non devono essere posate su sabbia, ma su sottofondo preferibilmente in calcestruzzo (massetto spesso almeno 3-4 cm), il quale dovrà essere posizionato a una quota più bassa del livello di superficie di circa 6-10 cm, a seconda dello spessore delle piastrelle.
Infine, prima di iniziare una pavimentazione in piastrelle, si deve procedere a un lavaggio delle stesse con getto d'acqua per eliminare eventuali residui terrosi e impurità di cava e facilitare il processo di fissaggio della piastrella al letto di malta.
Per la posa in opera, si deve procedere come segue:
- tracciamento dei piani con appositi spaghi (livelle), tenendo conto che le pendenze da rispettare per lo smaltimento delle acque possono essere inferiori a quelle dei cubetti, ma in ogni caso non possono scendere sotto l'1%;
- preparazione di una malta con sabbia e cemento (250 kg di cemento per $m^3$);
- stesa della malta sul sottofondo;
- posa delle piastrelle, che devono distare l'una dall'altra almeno 3-4 mm. La consistenza della malta deve essere abbastanza pastosa in modo che la stessa, sotto la pressione della piastrella battuta (con martelli, possibilmente gommati), possa rifluire dai bordi della piastrella che ha aderito completamente al suo letto di posa.

Un'altra soluzione, soprattutto per le pavimentazioni con fuga superiore ai 5 mm, è quella di posare le piastrelle su una malta normale (magari dopo aver cosparso di polvere di cemento la faccia inferiore della piastrella stessa), eseguire una modesta pressione sulle stesse, far seccare il tutto e successivamente riempire le fughe con malta più liquida, avendo la precauzione di pulire le stesse dopo tale operazione con uno straccio bagnato, prima che la malta stessa faccia completamente presa.
Il sistema di sigillatura delle fughe, quando richiesto (e comunque sempre consigliato), può essere eseguito nelle seguenti maniere:
- versando nelle fughe una boiacca fluida e ricca di cemento, in modo che le giunture siano riempite oltre il limite, ma ovviamente senza che la boiacca stessa vada a sporcare il pavimento. Dopo qualche tempo e cioè quando la malta ha acquistato già una certa consistenza, si ripuliscono le stuccature con la cazzuola e si segna leggermente la fuga con riga o ferro. Questa operazione deve essere eseguita con molta accuratezza, essendo questo l'ultimo e spesso il più importante tocco estetico della pavimentazione. Eventuali sbavature dovranno

essere immediatamente pulite con stracci o meglio ancora con spugne inumidite;
- versando della biacca sull'intera pavimentazione con lo stesso procedimento utilizzato per i cubetti e distribuendola con l'aiuto delle spazzole, in modo da ottenere il riempimento regolare di tutte le fughe. La pulizia deve essere effettuata con segatura prima bagnata e poi asciutta. Il procedimento è particolarmente indicato per le fughe strette.
Nell'esecuzione di ampie superfici, come ad esempio quelle delle piazze, devono essere previsti dei giunti di dilatazione, per evitare la parziale rottura rotture delle piastrelle o l'allargamento delle fughe.
Le considerazioni su esposte sono applicabili anche alle pavimentazioni ad opera incerta.

#### ***64.6.*** *Controlli del direttore dei lavori*

Il direttore dei lavori per la realizzazione delle pavimentazioni verificherà:
- il collegamento tra gli strati;
- la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni per gli strati realizzati con pannelli, fogli e in genere prodotti preformati;
- l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari.
Ove sono richieste lavorazioni in sito, il direttore dei lavori verificherà, con semplici metodi da cantiere:
- le resistenze meccaniche (portate, punzonamenti, resistenze a flessione);
- le adesioni fra strati (o, quando richiesto, l'esistenza di completa separazione);
- le tenute all'acqua, all'umidità, ecc.
A conclusione dei lavori infine eseguirà prove (anche solo localizzate) di funzionamento, formando battenti di acqua, condizioni di carico, di punzonamento, ecc. che siano significativi delle ipotesi previste dal progetto o dalla realtà.

## Art. 65. **Opere di rifinitura varie**

### *65.1. Vernciature e tinteggiature*

#### *65.1.1. Attrezzatura*

Tutta l'attrezzatura che si prevede di usare per le operazioni di verniciatura o di tinteggiatura deve essere sottoposta all'approvazione della direzione dei lavori.
I pennelli e i rulli devono essere del tipo, della superficie e delle dimensioni adatte alle vernici che si impiegheranno e al tipo di lavoro che si sta eseguendo e non dovranno lasciare impronte.
L'attrezzatura per la verniciatura a spruzzo (*air-less*) deve essere corredata da pistole di tipo idoneo a ogni singolo impiego.
Tutta l'attrezzatura infine deve essere mantenuta sempre in ottime condizioni di funzionamento. Si raccomanda perciò la pulizia più accurata per il successivo riutilizzo.

#### *65.1.2. Campionature*

L'appaltatore dovrà predisporre dei campioni dei supporti, possibilmente dello stesso materiale, sul quale saranno applicati i prodotti vernicianti o pitture con i trattamenti secondo i cicli previsti in più tonalità di tinte, per consentire alla direzione dei lavori di operare una scelta.
Secondo le disposizioni impartite, si dovrà completare un pannello, un tratto di muratura o un locale completo. La totalità del lavoro potrà procedere solo dopo l'approvazione della direzione dei lavori.
L'elemento scelto come campione servirà come riferimento al quale si dovrà uniformare l'intera opera da eseguire.

#### *65.1.3. Preparazione delle superfici*

Le operazioni di tinteggiatura o di verniciatura devono essere precedute da un'accurata preparazione delle superfici interessate (asportazione di carta da parati, asportazione di tempere, carteggiatura, lavaggio sgrassante, lavatura, neutralizzazione, rasatura, raschiature, maschiettatura, sabbiatura e/ scrostatura, spolveratura, spazzolatura, stuccature, levigature, ecc.), con sistemi idonei ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

### *65.1.4. Stato delle superfici murarie e metalliche*

Le superfici murarie nuove devono essere prive di qualsiasi residuo di lavorazione precedente a quello del rivestimento protettivo o decorativo.
Le superfici metalliche nuove devono essere prive di calamina, ruggine, incrostazioni di malta, grassi, residui oleosi o untuosi e non essere trattati con pitture di fondo antiruggine o wash primer.
Le superfici dei manufatti lignei devono essere prive di tracce di residui untuosi o di pitture di fondo, nonché prive di fessurazioni e irregolarità trattate con mastici o stucchi non idonei.

### *65.1.5. Preparazione dei prodotti*

La miscelazione e la posa in opera di prodotti monocomponenti e bicomponenti deve avvenire nei rapporti, nei modi e nei tempi indicati dalle schede tecniche rilasciate dal produttore onde evitare alterazioni del prodotto.

### *65.1.6. Esecuzione*

#### *65.1.6.1. Tinteggiatura di pareti*

La tinteggiatura deve essere eseguita, salvo altre prescrizioni, a pennello, a rullo, a spruzzo, ecc., in conformità con i modi fissati per ciascun tipo di lavorazione e nei modi indicati dal produttore.

*Tinteggiatura con pittura alla calce*
Le pareti da tinteggiare devono essere preventivamente trattate con una mano di latte di calce. La tinta a calce, prima dell'impiego, deve essere passata attraverso un setaccio molto fine, onde eliminare granulosità e corpi estranei. Per ottenere il fissaggio deve essere mescolata alla tinta, nelle proporzioni indicate dal fabbricante, colla a base di acetato di polivinile.
Successivamente deve essere applicata a pennello la prima mano di tinta, mentre la seconda mano deve essere data a mezzo di pompa.
Le tinteggiature a calce non devono essere applicate su pareti con finitura a gesso.
Le pareti tinteggiate non devono presentare, neppure in misura minima, il fenomeno di sfarinamento e spolverio.

*Tinteggiatura a colla e gesso*
La tinteggiatura di pareti a colla e gesso comprende le seguenti fasi:
- spolveratura e ripulitura delle superfici;
- prima stuccatura a gesso e colla;
- levigamento con carta vetrata;
- spalmatura di colla temperata;
- rasatura dell'intonaco e ogni altra idonea preparazione;
- applicazione di due mani di tinta a colla e gesso.

La tinteggiatura può essere eseguita a mezze tinte oppure a tinte forti e con colori fini.

*Tinteggiatura a tempera*
La tinteggiatura a tempera, in tinta unica chiara, su intonaco civile, a calce o a gesso, richiede:
- la preparazione accurata del supporto mediante spazzolatura con raschietto e spazzola di saggina, per eliminare corpi estranei quali grumi, scabrosità, bolle, alveoli, difetti di vibrazione;
- la preparazione accurata del supporto mediante spazzolatura con stuccatura di crepe e cavillature, per ottenere omogeneità e continuità delle superfici da imbiancare e tinteggiare;
- l'imprimitura a uno strato di isolante a base di resine acriliche all'acqua data a pennello;
- il ciclo di pittura costituito da strato di fondo e strato di finitura con pittura a tempera, dati a pennello o a rullo.

*Tinteggiatura con idropittura a base di cemento*
Questo tipo di tinteggiatura deve essere eseguito direttamente sull'intonaco o su calcestruzzo, previa accurata pulizia delle superfici.
La tinteggiatura deve essere eseguita a due mani.

L'applicazione non può essere eseguita su superfici già tinteggiate a calce se non previa rimozione di questa.

*Tinteggiatura con idropittura a base di resine sintetiche*
Deve essere anzitutto applicata, sulle superfici da trattare, una mano di fondo isolante, impiegando il prodotto consigliato dal produttore.
Dopo la completa essiccazione della mano di preparazione, si deve procedere all'applicazione delle due mani di tinta, intervallate l'una dall'altra di almeno 12 ore. L'applicazione può essere eseguita sia a pennello che a rullo.
Lo spessore minimo dello strato secco per ciascuna mano deve essere di 20 microns per gli interni e di 35 microns per gli esterni.

*Tinteggiatura con pittura acrilica monocomponente in dispersione acquosa. Applicazione a rullo di lana o pennello.*
La tinteggiatura con pittura acrilica monocomponente in dispersione acquosa deve rispettare le seguenti fasi:
- eventuale raschiatura delle vecchie superfici mediante spazzola metallica, asportazione dell'eventuale muffa presente e residui persistenti di precedenti pitture;
- eventuale lavaggio delle superfici con soluzioni di ipoclorito di sodio o soda. Qualora le superfici si presentassero particolarmente invase da funghi e muffe, occorrerà trattare le stesse con una soluzione disinfettante data in due mani;
- eventuale applicazione di una mano di primer acrilico al solvente ad alta penetrazione sulle superfici fortemente sfarinanti;
- applicazione di una prima mano diluita in dispersione acquosa al 15%;
- applicazione di mano a finire diluita in dispersione acquosa al 15%. Lo spessore del film essiccato (due mani) dovrà essere di minimo 50 microns.

*Tinteggiatura con idropittura opaca coprente naturale per interni*
La tinteggiatura con idropittura opaca coprente naturale per interni, altamente traspirante, adatta per tutte le superfici murali, vecchie e nuove, composta da albume, latte, carbonati di calcio e altre polveri naturali, deve essere effettuata mediante preparazione del supporto con spazzolatura e pulizia della superficie. Prima dell'applicazione, se l'intonaco è asciutto, è necessario inumidire la superficie con acqua. Infine, occorre applicare minimo due mani a pennello, diluendo con circa il 15-25% di acqua.

*Tinteggiatura con pittura a base di silicati di potassio*
La tinteggiatura con pittura a base di silicati di potassio e pigmenti selezionati, per esterni, a due strati in tinta unita chiara su intonaco civile esterno richiede:
- la preparazione del supporto mediante spazzolatura con raschietto e spazzola di saggina per eliminare corpi estranei quali grumi, scabrosità, bolle, alveoli e difetti di vibrazione;
- la preparazione del supporto mediante spazzolatura con stuccatura di crepe e cavillature, per ottenere omogeneità e continuità delle superfici da imbiancare e tinteggiare;
- l'imprimitura a uno strato di isolante a base di resine acriliche all'acqua dato a pennello;
- il ciclo di pittura con pittura a base di silicati, costituito da strato di fondo dato a pennello e strato di finitura dato a rullo.

*Applicazione di idrorepellente protettivo su intonaco civile esterno*
L'applicazione di idrorepellente protettivo - a uno strato dato a pennello - del tipo vernice siliconica in solvente o soluzione di strato di alluminio in solvente - data su intonaco civile esterno - su rivestimento in laterizio e simili e su calcestruzzo a vista, per renderli inattaccabili agli agenti atmosferici e stabilizzarne sia il colore che la resistenza superficiale allo sbriciolamento, richiede:
- la preparazione del supporto con spazzolatura, per eliminare i corpi estranei e la polvere.
- il ciclo di pittura idrorepellente, costituito da uno o più strati dati a pennello.

### *65.1.6.2. Verniciatura*

*Generalità*
L'applicazione dei prodotti vernicianti non deve essere effettuata su superfici umide. L'intervallo di tempo fra una mano e la successiva deve essere - salvo diverse prescrizioni - di 24 ore, la temperatura ambiente non deve superare i 40 °C e la temperatura delle superfici dovrà essere compresa fra i 5 e 50 °C, con un massimo di 80% di umidità relativa. In generale, ogni strato di pittura deve essere applicato dopo l'essiccazione dello stato precedente e comunque secondo le esigenze richieste dagli specifici prodotti vernicianti impiegati. La verniciatura, soprattutto per le parti visibili, non deve presentare colature, festonature e sovrapposizioni anormali.
Le modalità di applicazione possono essere a pennello e a spruzzo.
Nell'applicazione a pennello ciascuna mano deve essere applicata pennellando in modo che aderisca completamente alla superficie. La vernice deve essere tirata in maniera liscia e uniforme, senza colature, interruzioni, bordi sfuocati o altri difetti e in modo da risultare compatta e asciutta prima che venga applicata la seconda mano. Bisognerà osservare il tempo minimo indicato dal produttore per l'applicazione fra una mano e l'altra.
L'applicazione a spruzzo deve essere effettuata prima in un senso e quindi nel senso opposto, fino a coprire tutta la superficie. La vernice che deve essere impiegata dovrà essere solo del tipo a spruzzo. Si dovranno ricoprire opportunamente le superfici circostanti, perché non si abbiano a sporcare altri manufatti.
Le opere di verniciatura su manufatti metallici devono essere precedute da accurate operazioni di pulizia (nel caso di elementi esistenti) e rimozione delle parti ossidate. Deve quindi essere applicata almeno una mano di vernice protettiva e un numero non inferiore a due mani di vernice del tipo e del colore previsti fino al raggiungimento della completa uniformità della superficie.
Nelle opere di verniciatura eseguite su intonaco, oltre alle verifiche della consistenza del supporto e alle successive fasi di preparazione, si deve attendere un adeguato periodo, fissato dalla direzione dei lavori, di stagionatura degli intonaci, trascorso il quale si può procedere all'applicazione di una mano di imprimitura (eseguita con prodotti speciali) o di una mano di fondo più diluita alla quale seguiranno altre due mani di vernice del colore e delle caratteristiche fissate.

*Verniciatura protettiva di serramenti, telai metallici e tutte le esistenti opere in ferro che non siano preverniciate o trattate con antiruggine*
La verniciatura protettiva di serramenti, telai metallici e tutte le esistenti opere in ferro che non siano preverniciate o trattate con antiruggine deve rispettare le seguenti fasi:
- spazzolatura con spazzole metalliche per asportare ruggine, calamina, sporcizia e sostanze grasse, malte, calcestruzzo o vecchie verniciature;
- applicazione a pennello di un primo strato di antiruggine al minio oleofenolico o cromato di zinco;
- applicazione di un secondo strato di antiruggine al minio oleofenolico o cromato di zinco, a 48 ore di distanza, sempre a pennello (in totale, le due mani dovranno dare una pellicola di minimo 50 micron);
- applicazione di una prima mano di smalto sintetico, dato a pennello per uno spessore minimo di 30 micron;
- applicazione di una mano a finire di smalto sintetico, dato a pennello per uno spessore minimo di 30 micron.
Per le opere in ferro che sono fornite con la prima mano di antiruggine già applicata, il ciclo di verniciatura deve essere limitato all'applicazione della seconda mano di antiruggine e di stuccatura e di due mani di smalto sintetico.

*Verniciatura di opere in ferro, prezincate o comunque zincate a bagno*
La verniciatura di opere in ferro, prezincate o comunque zincate a bagno, deve rispettare le seguenti fasi:
- decapaggio delle opere eseguite con panni imbevuti di solvente approvato;
- asportazione con panno asciutto della patina lasciata dal solvente, da eseguire dopo due ore;
- applicazione a pennello di una mano di wash-primer passivante della zincatura;
- applicazione a pennello di una prima mano di copertura con smalto sintetico per uno spessore minimo di 30 micron;
- applicazione a pennello di una mano a finire di smalto sintetico per uno spessore minimo di 30 micron.

*Opere in ferro inserite nelle murature e opere varie in acciaio (già trattate con una mano di zincante inorganico) verniciate con smalto poliuretanico*
La verniciatura di opere in ferro inserite nelle murature e opere varie in acciaio deve rispettare le seguenti fasi:
- accurata pulizia delle opere eseguita con panno imbevuto di solvente approvato;
- asportazione con panno asciutto della patina lasciata dal solvente, da eseguire dopo due ore;
- applicazione a pennello di una mano di primer senza alcuna diluizione;
- applicazione, a pennello o con spruzzo di air-less, di una prima mano di smalto poliuretanico per uno spessore minimo di 30 micron;
- applicazione a pennello di una mano a finire di smalto poliuretanico per uno spessore minimo di 30 micron.

*Sola applicazione dell'antiruggine*
La prima mano di antiruggine, a base di minio oleofenolico o cromato di zinco, deve essere applicata dopo aver preparato adeguatamente le superfici da verniciare.
Sulle parti non più accessibili dopo la posa in opera, deve essere preventivamente applicata anche la seconda mano di antiruggine.
La seconda mano di antiruggine deve essere applicata dopo la completa essiccazione della prima mano, previa pulitura delle superfici da polvere e altri imbrattamenti, e l'esecuzione di ritocchi agli eventuali danneggiamenti verificatisi durante la posa in opera.
Lo spessore dello strato secco di ciascuna mano non deve essere inferiore a 25 micron.
La tonalità di colore di ciascuna mano deve essere differente, in modo da permettere l'agevole accertamento dell'effettivo numero delle passate applicate.

*Opere esterne in ferro e profilati in genere annegati in getti di calcestruzzo (ferri Bauer o Alfen o similari, comprese tubazioni)*
La verniciatura di opere esterne in ferro e profilati, in genere annegati in getti di calcestruzzo, deve rispettare le seguenti fasi:
- spazzolatura con spazzole metalliche per asportare ruggine, calamina, sporcizia, sostanze grasse, calcestruzzo;
- applicazione a pennello di un primo strato di antiruggine al minio di piombo;
- applicazione di un secondo strato di antiruggine al minio di piombo a 48 ore di distanza, sempre a pennello;
- applicazione di una prima mano di smalto sintetico, dato a pennello, per uno spessore minimo di 30 micron;
- applicazione di una mano a finire di smalto sintetico, dato a pennello, per uno spessore minimo di 30 micron.

*Protezione con vernice intumescente delle strutture metalliche portanti in acciaio*
Se richiesto, le strutture metalliche portanti in acciaio dovranno essere rivestite con vernice intumescente resistente al fuoco secondo le seguenti fasi:
- preparazione delle superfici con sabbiature SA 2 1/2;
- applicazione di strato zincante inorganico dello spessore di 70-75 micron. L'applicazione deve essere effettuata in ambienti con umidità relativa non superiore all'80% e temperature comprese tra + 5 °C e + 40 °C;
- applicazione di vernice intumescente negli spessori necessari tali da garantire la classe di resistenza prescritta, in relazione al tipo di struttura da proteggere. Gli spessori da utilizzare dovranno essere quelli dichiarati dal produttore nelle schede tecniche. In linea di massima, si dovranno avere i seguenti spessori di film secco per le seguenti classi:
- classe REI 30/45: 500 micron;
- classe REI 60: 750 micron;
- classe REI 120: 1000 micron.
- applicazione di una mano finale impermeabilizzante costituita da strato di pittura in emulsione acrilica pigmentata dello spessore di 30-40 micron, data a pennello, rullo o airless.
L'appaltatore deve fornire appropriata certificazione riguardante i materiali e le modalità di posa, relativamente alla capacità di resistenza al fuoco della protezione realizzata.

*65.1.7. Protezione*

Le opere verniciate devono essere protette, fino al completo essiccamento, dalla polvere, dall'acqua e da ogni altra fonte di degradazione. La pitturazione deve essere eseguita sempre in ambiente protetto dagli agenti atmosferici che possono pregiudicare l'essiccamento della vernice e nelle condizioni di umidità e di temperatura dell'ambiente indicate dal produttore della vernice o della pittura.

*65.1.8. Controllo*

Il direttore dei lavori potrà controllare lo spessore degli strati di vernice con apposita strumentazione magnetica. È ammessa una tolleranza di ± 10%. Deve essere controllato anche che il consumo a metro quadro del prodotto corrisponda a quanto indicato dal produttore.

Per l'esecuzione delle prove si citano le seguenti norme UNI di riferimento:

**UNI 8754** - *Edilizia. Verniciature, pitturazioni, RPAC, tinteggiature, impregnazioni superficiali. Caratteristiche e metodi di prova*;

**UNI 8755** - *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, RPAC, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di attitudine all'immagazzinamento e all'applicazione*;

**UNI 8756** - *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, RPAC, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di identificazione e metodi di prova*.

Un'altra norma di riferimento è data dall'ultima edizione del capitolato tecnico d'appalto per opere di pitturazione edile-industriale, edito dalla Associazione nazionale imprese di verniciatura, decorazione e stuccatura (ANVIDES).

*65.1.9. Smaltimento rifiuti*

L'appaltatore ha l'obbligo di non scaricare in fognatura e di non disperdere nell'ambiente il prodotto e/o il contenitore.

In caso di spargimenti occorre assorbire con sabbia. I rifiuti derivanti, classificabili come speciali, devono essere smaltiti in apposite discariche autorizzate rispettando le normative locali e nazionali in vigore e ottenendo preventivamente l'autorizzazione degli enti preposti.

*65.2. Esecuzione di decorazioni*

Per l'esecuzione delle decorazioni, sia nelle pareti interne sia nei prospetti esterni, la direzione dei lavori può fornire all'appaltatore, qualora non compresi tra i disegni di contratto o a integrazione degli stessi, i necessari particolari costruttivi e modalità esecutive.

Le campionature devono essere sottoposte all'accettazione del direttore dei lavori.

*65.3. Rivestimenti per interni ed esterni*

*65.3.1. Definizioni*

Si definisce *sistema di rivestimento* il complesso di strati di prodotti della stessa natura o di natura diversa, omogenei o disomogenei, che realizzano la finitura dell'edificio.

I sistemi di rivestimento si distinguono, a seconda della loro funzioni in:

- rivestimenti per esterno e per interno;
- rivestimenti protettivi in ambienti con specifica aggressività;
- rivestimenti protettivi di materiali lapidei, legno, ferro, metalli non ferrosi, ecc.

*65.3.2. Sistemi realizzati con prodotti rigidi*

Per le piastrelle di ceramica (o lastre di pietra, ecc. con dimensioni e pesi similari), si procederà alla posa su letto di malta svolgente funzioni di strato di collegamento e di compensazione, curando la sufficiente continuità dello strato stesso, lo spessore, le condizioni ambientali di posa (temperatura e umidità) e di maturazione. Si valuterà inoltre la composizione della malta, onde evitare successivi fenomeni di incompatibilità chimica o termica con il rivestimento e/o con il supporto. Durante la posa del rivestimento, si curerà l'esecuzione dei giunti, il loro allineamento, la planarità della superficie risultante e il rispetto di eventuali motivi ornamentali. In alternativa alla posa con letto di malta, si procederà all'esecuzione di uno strato ripartitore avente adeguate caratteristiche di resistenza meccanica, planarità, ecc., in modo da applicare successivamente uno strato di collegamento (o

ancoraggio), costituito da adesivi aventi adeguate compatibilità chimiche e termiche con lo strato ripartitore e con il rivestimento. Durante la posa si procederà come sopra descritto.
Per le lastre di pietra, calcestruzzo, fibrocemento e prodotti similari, si procederà alla posa mediante fissaggi meccanici (elementi a espansione, elementi a fissaggio chimico, ganci, zanche e similari), a loro volta ancorati direttamente alla parte muraria e/o su tralicci o similari. I sistemi di fissaggio devono comunque garantire un'adeguata resistenza meccanica per sopportare il peso proprio e quello del rivestimento, per resistere alla corrosione e permettere piccole regolazioni dei singoli pezzi durante il fissaggio e il loro movimento in opera dovuto a variazioni termiche. Il sistema nel suo insieme deve avere un comportamento termico accettabile, nonché evitare di essere sorgente di rumore inaccettabile dovuto al vento, alla pioggia, ecc. e assolvere alle altre funzioni loro affidate quali tenuta all'acqua e così via. Durante la posa del rivestimento si devono verificare gli effetti estetici previsti, l'allineamento o comunque la corretta esecuzione di giunti (sovrapposizioni, ecc.), la corretta forma della superficie risultante, ecc.
Per le lastre, pannelli, ecc. a base di metallo o materia plastica si procederà analogamente a quanto descritto per le lastre.
In base alle funzioni attribuite dal progetto al rivestimento, si cureranno l'esecuzione dei fissaggi e la collocazione rispetto agli strati sottostanti, onde evitare incompatibilità termiche, chimiche o elettriche. Saranno considerate le possibili vibrazioni o rumori indotti da vento, pioggia, ecc. Verranno, inoltre, verificati i motivi estetici, l'esecuzione dei giunti, la loro eventuale sigillatura, ecc.

### *65.3.3. Sistemi realizzati con prodotti flessibili*

I sistemi con prodotti flessibili devono essere realizzati secondo le prescrizioni date nel progetto esecutivo, con prodotti costituiti da carte da parati (a base di carta, tessili, fogli di materie plastiche o loro abbinamenti) aventi le caratteristiche riportate nell'articolo loro applicabile.

### *65.3.4. Sistemi realizzati con prodotti fluidi*

I sistemi con prodotti fluidi devono rispondere alle indicazioni seguenti:
- su pietre naturali e artificiali:
- impregnazione della superficie con siliconi o oli fluorurati, non pellicolanti, resistenti ai raggi UV, al dilavamento e agli agenti corrosivi presenti nell'atmosfera.
- su intonaci esterni:
- tinteggiatura della superficie con tinte alla calce o ai silicati inorganici;
- pitturazione della superficie con pitture organiche.
- su intonaci interni:
- tinteggiatura della superficie con tinte alla calce o ai silicati inorganici;
- pitturazione della superficie con pitture organiche o ai silicati organici;
- rivestimento della superficie con materiale plastico a spessore;
- tinteggiatura della superficie con tinte a tempera.
- su prodotti di legno e di acciaio:
- si seguiranno le indicazioni del produttore e del direttore dei lavori.

I sistemi si intendono realizzati secondo le prescrizioni del progetto e, in loro mancanza (o a loro integrazione), si intendono realizzati secondo le indicazioni date dal produttore e accettate dalla direzione dei lavori. Le informazioni saranno fornite secondo le norme **UNI 8758** o **UNI 8760** e riguarderanno:
- criteri e materiali di preparazione del supporto;
- criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato di fondo, ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura e umidità) del momento della realizzazione e del periodo di maturazione e le condizioni per la successiva operazione;
- criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato intermedio, ivi comprese le condizioni precedentemente citate per la realizzazione e maturazione;
- criteri e materiali per lo strato di finiture, ivi comprese le condizioni sopra citate.

Durante l'esecuzione, per tutti i tipi predetti, si curerà per ogni operazione la completa esecuzione degli strati, la realizzazione dei punti particolari, le condizioni ambientali (temperatura, umidità) e la corretta condizione dello strato precedente (essiccazione, maturazione, assenza di bolle, ecc.), nonché le prescrizioni relative alle norme di

igiene e sicurezza.

*65.4. Verifiche del direttore dei lavori*

Il direttore dei lavori per la realizzazione del sistema di rivestimento, nel corso dell'esecuzione dei lavori e con riferimento ai tempi e alle procedure, verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti e inoltre almeno per gli strati più significativi, accerterà che il risultato delle operazioni predette sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione che è attribuita all'elemento o strato realizzato.
In particolare, verificherà:
- per i rivestimenti rigidi, le modalità di fissaggio, la corretta esecuzione dei giunti e quanto riportato nel punto loro dedicato, eseguendo verifiche intermedie di resistenza meccanica, ecc.;
- per i rivestimenti con prodotti flessibili (fogli), la corretta esecuzione delle operazioni descritte nel relativo punto;
- per i rivestimenti fluidi o in pasta, il rispetto delle prescrizioni di progetto o concordate come detto in precedenza, verificando la loro completezza, ecc., specialmente delle parti difficilmente controllabili al termine dei lavori.

A conclusione dei lavori, il direttore eseguirà prove (anche solo localizzate) con facili mezzi da cantiere, creando sollecitazioni compatibili con quelle previste dal progetto o comunque simulanti le sollecitazioni dovute all'ambiente, agli utenti futuri, ecc. Per i rivestimenti rigidi, verificherà in particolare il fissaggio e l'aspetto delle superfici risultanti. Per i rivestimenti in fogli, verificherà l'effetto finale e l'adesione al supporto. Per quelli fluidi infine accerterà la completezza, l'assenza di difetti locali e l'aderenza al supporto.

## Art. 66. **Giunti di dilatazione**

### *66.1. Giunti di dilatazione per pavimenti*

#### *66.1.1. Generalità*

Nelle pavimentazioni per interni devono essere inseriti giunti di dilatazione anche tra pavimento e rivestimento e in corrispondenza dei giunti strutturali verticali, collocati secondo i disegni progettuali o le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori, per eliminare le tensioni provocate dalle dilatazioni termiche con conseguente distacco degli elementi posati. I giunti di diltazione, prima della collocazione, devono essere accettati dalla direzione dei lavori.
I giunti di dilatazione, che possono essere in alluminio, ottone o materiale plastico, non devono richiedere manutenzione. Per pavimentazioni soggette a intenso traffico pedonale, carrelli, lettighe, ecc., il giunto deve essere dotato di alette di fissaggio laterali che possano essere affogate nel collante al di sotto del rivestimento ceramico o in pietra naturale oppure direttamente nel massetto, nel caso si impieghino altri materiali da rivestimento quali per esempio moquette o linoleum.
I giunti di dilatazione devono assicurare la protezione anche gli spigoli delle piastrelle e devono evitare la propagazione del suono nel rivestimento e ridurre la trasmissione di rumori generati dal calpestio e dalle vibrazioni.
Nelle pavimentazioni tradizionali degli ambienti residenziali possono essere impiegati giunti di dilatazione perimetrali realizzati con materiali comprimibili, come polistirene o poliuretano espanso, sigillati superiormente e ricoperti dai battiscopa.

#### *66.1.2. Pavimenti*

Il giunto di dilatazione per pavimenti (piastrelle, marmi, clinker, ecc.) deve essere costituito da profilo portante in alluminio con alette d'ancoraggio perforate.
La guarnizione elastica deve essere in neoprene e intercambiabile, resistente all'usura, agli agenti atmosferici, alla temperatura da - 30 °C a + 120 °C, agli oli, agli acidi e alle sostanze bituminose.
Le alette del profilo portante in alluminio devono essere fissate al massetto di sottofondo con viti e tasselli a espansione,a intervalli di 30 cm su entrambi i lati. Il sottofondo su entrambi i lati del giunto deve essere

preparato con malta antiritiro per una larghezza di circa 10 cm.
La guarnizione prima della collocazione deve essere ben lubrificata con una soluzione di acqua saponata. La sua installazione deve avvenire partendo da un'estremità del profilo metallico. Le guide del profilo devono essere pulite da polvere o altre eventuali impurità.

#### *66.1.3. Pavimenti finiti*

Il giunto di dilatazione per pavimenti finiti deve essere costituito da profilo portante in alluminio con alette d'ancoraggio perforate. La guarnizione elastica deve essere in neoprene e intercambiabile, resistente all'usura, agli agenti atmosferici, alla temperatura da - 30 °C a + 120 °C, agli oli, agli acidi e alle sostanze bituminose. La guarnizione elastica può essere anche in PVC speciale.
Le alette del profilo devono essere installate sul pavimento finito con viti a tasta svasata e tasselli a espansione.

### *66.2. Giunti di dilatazione per facciate, pareti e soffitti*

#### *66.2.1. Facciate, pareti e soffitti a faccia vista*

Il giunto di dilatazione per facciate, pareti e soffitti da installare a faccia vista deve essere costituito da profilo portante in alluminio con alette d'ancoraggio perforate. Le alette del profilo metallico devono avere un sottostrato in neoprene cellulare per la compensazione delle irregolarità del piano d'appoggio.
La guarnizione elastica deve essere in neoprene e intercambiabile, resistente all'usura, agli agenti atmosferici, alla temperatura da - 30 °C a + 120 °C, agli oli, agli acidi e alle sostanze bituminose.
Le superfici dove appoggiano le alette del profilo devono essere piane, lisce e pulite. Le alette del profilo portante in alluminio devono essere fissate al piano d'appoggio con viti e tasselli a espansione, a intervalli di 30 cm su entrambi i lati. Negli ambienti interni il profilo può essere fissato con idoneo collante speciale.
Nei raccordi testa a testa dei profili in alluminio deve essere lasciata una fessura di circa 5 mm da riempire con idoneo sigillante elastico.

#### *66.2.2. Facciate, pareti e soffitti sotto-intonaco*

Il giunto di dilatazione per facciate, pareti e soffitti da installare sotto-intonaco deve essere costituito da profilo portante in alluminio con alette d'ancoraggio perforate.
La guarnizione elastica deve essere in neoprene e intercambiabile, resistente all'usura, agli agenti atmosferici, alla temperatura da - 30 °C a + 120 °C, agli oli, agli acidi e alle sostanze bituminose.
Le alette laterali del profilo portante in alluminio devono essere fissate al piano d'appoggio con chiodi d'acciaio inox a intervalli di 30 cm su entrambi i lati del giunto.

#### *66.2.3. Facciate con sistemi di rivestimenti a cappotto*

Il giunto di dilatazione per facciate con sistemi di rivestimenti a cappotto deve essere costituito da profilo portante in alluminio con alette d'ancoraggio perforate. Il profilo portante deve essere regolabile in funzione dello spessore del rivestimento a cappotto.
La guarnizione elastica deve essere in neoprene e intercambiabile, resistente all'usura, agli agenti atmosferici, alla temperatura da - 30 °C a + 120 °C, agli oli, agli acidi e alle sostanze bituminose.
Gli angolari di alluminio devono essere collocati a interasse di circa 40 cm, fissati mediante viti e tasselli a espansione. La parte del profilo a vista durante la posa in opera deve essere protetta con speciale nastro adesivo.
Le eventuali irregolarità della superficie devono essere eliminate mediante applicazione di strato di malta.

#### *66.2.4. Facciate, pareti e soffitti a lavori finiti*

Il giunto di dilatazione per facciate, pareti e soffitti da installare a faccia vista deve essere costituito da profilo in duralluminio (**UNI 3569**) o in PVC rigido. Il PVC rigido deve essere resistente e stabile ad almeno 70 °C e ai raggi UV. La collocazione del giunto deve essere eseguita mediante clips di fissaggio in acciaio inox da inserire nella scanalatura del profilo. Per la solidità dell'ancoraggio deve essere utilizzata almeno un clips ogni …... cm, ovvero come previsto dal produttore.

# Capitolo 7. MODALITÀ DI ESECUZIONE DEGLI IMPIANTI

## Art. 67. **Sistemi di collegamento degli impianti alle strutture**

Gli elementi funzionali degli impianti potranno essere collegati alle strutture principali con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili. I collegamenti di servizio dell'impianto dovranno essere flessibili e non dovranno fare parte del meccanismo di vincolo.
Gli impianti non dovranno essere collocati alle pareti dell'edificio facendo affidamento sul solo attrito.
I corpi illuminanti dovranno essere dotati di dispositivi di sostegno tali impedirne il distacco in caso di terremoto. In particolare, se montati su controsoffitti sospesi, dovranno essere efficacemente ancorati ai sostegni longitudinali o trasversali del controsofitto e non direttamente a esso.
Il direttore dei lavori dovrà verificare sia i dispositivi di vincolo che gli elementi strutturali o non strutturali cui gli impianti sono fissati, in modo da assicurare che non si verifichino rotture o distacchi per effetto dell'azione sismica.

## Art. 68. **Impianti idrico-sanitari**

### *68.1. Caratteristiche dei materiali*

I materiali e gli oggetti, così come i loro prodotti di assemblaggio (gomiti, valvole di intercettazione, guarnizioni ecc.), devono essere compatibili con le caratteristiche delle acque destinate al consumo umano, quali definite nell'allegato I del D.Lgs. n. 31/2001. Inoltre tali materiali non devono, nel tempo, in condizioni normali o prevedibili d'impiego e di messa in opera, alterare l'acqua posta a contatto con essi conferendole un carattere nocivo per la salute e/o modificandone sfavorevolmente le caratteristiche organolettiche, fisiche, chimiche e microbiologiche.
I materiali e gli oggetti non devono nel tempo modificare le caratteristiche delle acque poste con essi a contatto, in maniera tale da rispettare i limiti vigenti negli effluenti dagli impianti di depurazione delle acque reflue urbane.

#### *68.1.1. Prescrizioni normative*

Ai sensi dell'art. 1, lettera d) del D.Lgs. 22 gennaio 2008, n. 37, sono soggetti all'applicazione dello stesso decreto gli impianti idrosanitari nonché quelli di trasporto, di trattamento, di uso, di accumulo e di consumo di acqua all'interno degli edifici, a partire dal punto di consegna dell'acqua fornita dall'ente distributore.
Per i criteri di progettazione, collaudo e gestione valgono le seguenti norme:
**UNI 9182** - *Edilizia. Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda. Criteri di progettazione, collaudo e gestione*;
**UNI EN 12056-1** - *Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici. Requisiti generali e prestazioni*;
**UNI EN 12056-2** - *Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici. Impianti per acque reflue, progettazione e calcolo*;
**UNI EN 12056-3** - *Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici. Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo*;
**UNI EN 12056-4** - *Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici. Stazioni di pompaggio di acque reflue. Progettazione e calcolo*;
**UNI EN 12056-5** - *Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici. Installazione e prove, istruzioni per l'esercizio, la manutenzione e l'uso*.
Per i disegni tecnici, le norme di riferimento sono le seguenti:
**UNI 9511-1** - *Disegni tecnici. Rappresentazione delle installazioni. Segni grafici per impianti di*

*condizionamento dell'aria, riscaldamento, ventilazione, idrosanitari, gas per uso domestico*;
**UNI 9511-2** - *Disegni tecnici. Rappresentazione delle installazioni. Segni grafici per apparecchi e rubinetteria sanitaria*;
**UNI 9511-3** - *Disegni tecnici. Rappresentazione delle installazioni. Segni grafici per la regolazione automatica*;
**UNI 9511-4** - *Disegni tecnici. Rappresentazione delle installazioni. Segni grafici per impianti di refrigerazione*;
**UNI 9511-5** - *Disegni tecnici. Rappresentazione delle installazioni. Segni grafici per sistemi di drenaggio e scarico acque usate*.

### *68.2. Contatori per acqua*

#### *68.2.1. Contatori per acqua fredda*

I contatori da impiegarsi normalmente sui circuiti idraulici per temperature dell'acqua non superiori a 35 °C potranno essere dei seguenti tipi:
- tipo a turbina, a getto multiplo o unico, a quadrante asciutto o bagnato;
- a mulinello (Woltmann), in esecuzione chiusa o a revisione.

I contatori a turbina a getto unico saranno di solito impiegati per acque con tendenza a formare incrostazioni e, in questo caso, si darà la preferenza a contatori a quadrante bagnato.
Per la misura di portate rilevanti e non soggette a notevoli variazioni (condotte prementi, circuiti di raffreddamento e simili) saranno impiegati contatori a mulinello (Woltmann).
Per quanto riguarda definizioni, requisiti e prove di attacchi, si farà riferimento alle seguenti norme (valide per i contatori a turbina; per i contatori a mulinello si ricorrerà alle norme solo in quanto a essi applicabili):
- definizioni e prove: **UNI 1075-1** e **UNI 1075-2**;
- dimensioni e quadranti: **UNI 1064 -1067**;
- montaggi sulla tubazione: **UNI 1073-1074, UNI 2223** e **UNI 2229**.

I contatori devono essere costruiti con materiali di note caratteristiche per quanto riguarda la loro resistenza meccanica e strutturale a temperature non inferiori a 35 $^{o}$C. Detti materiali devono essere tali da non formare tra loro coppie elettrolitiche capaci di causare fenomeni di corrosione apprezzabili, nonché capaci di resistere a ogni possibile attacco chimico dell'acqua.
Le orologerie dovranno essere facilmente smontabili per le operazioni di revisione e riparazione. I quadranti dovranno essere in materiale indeformabile, con scritte inalterabili nel tempo, anche se immersi nell'acqua. I rulli, nei contatori a lettura diretta, dovranno essere in materiale rigorosamente inossidabile. I vetri inoltre dovranno essere ben trasparenti, senza difetti e idonei a sopportare un'eventuale sovrapressione per colpo d'ariete.

#### *68.2.2. Contatori per acqua calda*

I contatori per acqua calda avranno caratteristiche analoghe ai precedenti, con l'avvertenza che i materiali impiegati dovranno essere inalterabili per temperature sino a 100 $^{o}$C. Per le prove d'accettazione si applicherà la norma **UNI 8349** - *Contatori per acqua calda per uso sanitario. Prescrizioni e prove*.

### *68.3. Criteri di esecuzione*

#### *68.3.1. Posa in opera delle tubazioni*

Per la posa delle tubazioni si applicano le disposizioni previste dal punto 19 della norma **UNI 9182**. In generale, le tubazioni devono essere collocate in modo tale da consentire la corretta esecuzione anche del rivestimento isolante e le necessari operazioni di manutenzione e di ispezione.
Le tubazioni per l'acqua calda devono essere dotate di idonei compensatori di dilatazione.
L'appaltatore non deve collocare le tubazioni per adduzione acqua:
- all'interno delle cabine elettriche;
- sopra quadri e apparecchiature elettriche;
- all'interno di locali per deposito rifiuti;
- all'interno di locali per deposito di prodotti inquinanti.

In particolare, le tubazioni in acciaio zincato non devono essere piegate a caldo o a freddo per angoli superiori a 45° né sottoposte a saldatura. Tali tipi di tubazioni, se interrate devono essere opportunamente protette dalla corrosione, non devono essere impiegate per convogliare acqua avente temperatura superiore a 60 °C e durezza

inferiore a 10 °F e non devono essere precedute da serbatoi o da tratti di tubazione in rame.

### *68.3.2. Ancoraggi delle tubazioni a vista*

Gli ancoraggi e i sostegni delle tubazioni non interrate devono essere eseguiti nei modi seguenti:
- per le tubazioni di ghisa e di plastica: mediante collari in due pezzi fissati immediatamente a valle del bicchiere, con gambo inclinato verso il tubo. Per pezzi uguali o superiori al metro deve applicarsi un collare per ogni giunto;
- per le tubazioni in acciaio e rame: mediante collari di sostegno in due pezzi, nelle tubazioni verticali, e mediante mensole nelle tubazioni orizzontali, poste a distanza crescente al crescere del diametro delle tubazioni e comunque a distanza tale da evitare avvallamenti.

### *68.3.3. Pulizia e disinfezione della rete idrica e dei serbatoi*

Le tubazioni per la distribuzione di acqua potabile, come stabilito dal punto 24 della norma **UNI 9182**, prima della messa in funzione dovranno essere sottoposte a:
- prelavaggio per l'eliminazione dei residui di lavorazione e di eventuali materiali estranei;
- lavaggio prolungato dopo l'ultimazione dell'impianto, compresa l'installazione dei rubinetti e degli apparecchi sanitari;
- disinfezione mediante immissione nella rete idrica di cloro gassoso, miscela di acqua con cloro gassoso, miscela di acqua con ipoclorito di calcio, risciacquando fino a quando necessario con acqua potabile. La miscela disinfettante dovrà permanere in tutti i tratti della rete idrica per almeno otto ore. Deve essere garantita la presenza di almeno 50 ppm di cloro residuo da verificare mediante prelevamento in diversi punti della distribuzione;
- risciacquo finale effettuato con acqua potabile sino a quando necessario, prelevando successivamente i campioni d'acqua da sottoporre ad analisi presso laboratori specializzati. I risultati delle analisi sono fondamentali e indispensabili per l'utilizzazione dell'impianto di distribuzione.

I serbatoi di accumulo acqua devono essere disinfettati allo stesso modo della rete idrica, con la differenza che la soluzione deve fare rilevare almeno 200 ppm di cloro residuo per un tempo minimo di due ore.
Durante la disinfezione, l'impresa appaltatrice deve predisporre tutti i provvedimenti cautelativi (avvisi, segnali, ecc.) per impedire il prelevamento d'acqua potabile da parte di non addetti ai lavori.
In caso di modifiche o di ampliamento dell'impianto di distribuzione, deve essere ripetuta l'operazione di pulizia e di disinfezione.

## *68.4. Isolamento termico*

Le protezioni termiche (rivestimenti isolanti) delle tubazioni devono essere costituite da materiali aventi bassa conducibilità termica, per due distinti scopi:
- impedire la condensazione del vapore acqueo dell'aria nelle tubazioni e nelle apparecchiature attraversate da acqua fredda;
- ridurre le dispersioni di calore nelle tubazioni e nelle apparecchiature attraversate da acqua calda.

### *68.4.1. Materiali isolanti*

I rivestimenti isolanti, applicati alle tubazioni per impedire la condensazione del vapore acqueo, saranno costituiti da:
- lana di roccia, in materassini aventi spessore non inferiore a 20 mm, trapunta su cartone catramato;
- sughero, in lastre o coppelle, aventi spessore non inferiore a 25 mm e densità non superiore a 120 kg/m$^3$.

## *68.5. Protezione contro la corrosione*

### *68.5.1. Generalità*

L'espressione *protezione contro la corrosione* indica l'insieme di quegli accorgimenti tecnici atti a evitare che si verifichino le condizioni per certe forme di attacco dei manufatti metallici, dovute - per la maggior parte - a una azione elettrochimica.
In linea generale, occorrerà evitare che si verifichi una disimmetria del sistema metallo-elettrolita, per esempio il

contatto di due metalli diversi, aerazione differenziale, ecc.
Le protezioni possono essere di tipo passivo, di tipo attivo o di entrambi i tipi.
La protezione passiva consiste nell'isolare le tubazioni dall'ambiente esterno e fra loro, mediante idonei rivestimenti superficiali di natura organica e inorganica, e/o nell'interrompere la continuità di ciascuna tubazione interponendo speciali giunti dielettrici.
La protezione attiva consiste nel mantenere le tubazioni in particolari condizioni elettrochimiche, in modo da evitare la continua cessione di metallo al mezzo circostante.

#### *68.5.2. Mezzi impiegabili per la protezione passiva*

I mezzi per la protezione passiva delle tubazioni possono essere costituiti da:
- speciali vernici bituminose, applicate a caldo o a freddo;
- vernici anticorrosive a base di adatte resine sintetiche metallizzate o meno;
- vernici anticorrosive a base di ossidi;
- fasce in fibra di vetro bituminoso;
- fasce sovrapponibili paraffinate in resine sintetiche;
- manicotti isolanti e canne isolanti in amianto, cemento o in resine sintetiche, usabili per l'attraversamento di parti murarie;
- giunti dielettrici.

I rivestimenti, di qualsiasi natura, devono essere accuratamente applicati alle tubazioni, previa accurata pulizia, e non devono presentare assolutamente soluzioni di continuità.
All'atto dell'applicazione dei mezzi di protezione occorre evitare che in essi siano contenute sostanze suscettibili di attaccare sia direttamente sia indirettamente il metallo sottostante, attraverso eventuale loro trasformazione.
Le tubazioni interrate dovranno essere posate su un letto di sabbia neutra e ricoperte con la stessa sabbia per un'altezza non inferiore a 15 cm sulla generatrice superiore del tubo.

#### *68.5.3. Mezzi impiegabili per la protezione attiva*

La protezione attiva delle condotte assoggettabili alle corrosioni per l'azione di corrente esterna impressa o vagante deve essere effettuata mediante protezione catodica, sovrapponendo alla corrente di corrosione una corrente di senso contrario di intensità uguale o superiore a quella di corrosione.
L'applicazione di questo procedimento sarà condizionata dalla continuità elettrica di tutti gli elementi delle tubazioni e dall'isolamento esterno rinforzato dei tubi.

#### *68.5.4. Protezione passiva e attiva*

Qualora le tubazioni isolate con uno dei mezzi indicati per la protezione passiva non risultassero sufficientemente difese, dovrà provvedersi anche alla contemporanea protezione attiva, adottando uno dei sistemi già illustrati.

### *68.6. Rete di ventilazione*

#### *68.6.1. Sistemi di aerazione delle reti di ventilazione*

Per *ventilazione di un impianto idrosanitario* si intende il complesso di colonne e diramazioni che collegano le colonne di scarico e i sifoni dei singoli apparecchi sanitari con l'aria esterna, al fine di evitare pressioni e depressioni nella rete di scarico. Le diramazioni di ventilazione sono le tubazioni che collegano i sifoni degli apparecchi con le colonne di ventilazione ovvero tubazioni verticali parallele alle colonne di scarico.
La ventilazione degli impianti sanitari per lo smaltimento verso l'esterno di cattivi odori può essere realizzata nei seguenti modi:
- *ventilazione primaria*: è ottenuta prolungando la colonna di scarico oltre la copertura dell'edificio, preferibilmente al di sopra del punto più alto dell'edificio, per un'altezza di almeno un metro. Il punto terminale deve essere dotato di cappello esalatore del tipo antipioggia. È consigliabile installare il tipo girevole, in modo che la bocca di aerazione si venga a trovare in posizione riparata rispetto alla direzione del vento;
- *ventilazione a gancio*: è impiegata per gli apparecchi in batteria (max 3), tipico dei servizi igienici di edifici pubblici, applicando la ventilazione all'estremità dei collettori di scarico in prossimità della parte terminale fino

al di sopra degli apparecchi serviti. Nel caso in cui gli apparecchi sanitari siano più di tre, dovrà effettuarsi la ventilazione anche in una posizione intermedia del collettore di scarico;
- *ventilazione unitaria*: è ottenuta ventilando i sifoni di tutti gli apparecchi sanitari. L'attacco della diramazione alla tubazione di scarico dovrà essere il più vicino possibile al sifone, senza peraltro nuocere al buon funzionamento sia dell'apparecchio servito sia del sifone.
In assenza di precise indicazioni progettuali si farà riferimento ai punti 3.3 e 7 della norma **UNI EN 12056-1**. In generale, per i vasi dovranno adoperarsi diametri di almeno 40 mm e di 32 mm negli altri casi.
Le tubazioni di ventilazione non dovranno mai essere utilizzate come tubazioni di scarico dell'acqua di qualsiasi natura né essere destinate ad altro genere di ventilazione, aspirazione di fumo, esalazioni di odori da ambienti e simili.

**Tabella 79.1. Diametri interni delle diramazioni di ventilazione secondaria**

| Apparecchio sanitario | Diametro (mm) |
|---|---|
| Bidè | 35 |
| Lavabo | 35 |
| Vasca da bagno | 40 |
| Vaso a cacciata | 50 |
| Vaso alla turca | 50 |
| Lavello | 40 |
| Orinatoi sospesi | 40 |
| Orinatoi a stallo | 50 |
| Piatto doccia | 40 |
| Fontanella | 25 |
| Lavapiedi | 40 |
| Scatola sifonata | 40 |

**Tabella 79.2. Diametri della diramazione di ventilazione per più apparecchi sanitari**

| Gruppo di apparecchi senza vasi | | Gruppo di apparecchi con vasi | |
|---|---|---|---|
| Unità di scarico | Diramazione di ventilazione | Unità di scarico | Diramazione di ventilazione |
| 1 2 a 8 9 a 18 19 a 36 | 35 40 50 60 | fino a 17 18 a 36 37 a 60 | 50 60 70 |

### *68.6.2. Materiali ammessi*

Nella realizzazione della rete di ventilazione, sono ammesse tubazioni realizzate con i seguenti materiali:
- ghisa catramata centrifugata, con giunti a bicchiere sigillati a caldo con materiale idoneo o a freddo con opportuno materiale (sono tassativamente vietate le sigillature con materiale cementizio);
- acciaio, trafilato o liscio, con giunti a vite e manicotto o saldati con saldatura autogena o elettrica;
- PVC con pezzi speciali di raccordo con giunto filettato o ad anello dello stesso materiale;
- fibrocemento;
- polipropilene;
- polietilene ad alta densità.

Altri sistemi di ventilazione degli impianti idrosanitari, diversi da quelli progettuali esecutivi, dovranno essere autorizzati dalla direzione dei lavori, aggiornando successivamente il piano di manutenzione dell'opera.

### *68.6.3. Requisiti minimi delle tubazioni di ventilazione*

Il diametro del tubo di ventilazione di ogni singolo apparecchio dovrà essere almeno pari ai tre quarti del diametro della corrispondente colonna di scarico, senza superare i 50 mm.
Nel caso in cui una diramazione di ventilazione raccolga la ventilazione singola di più apparecchi sanitari, il suo diametro sarà almeno pari ai tre quarti del diametro del corrispondente collettore di scarico, senza superare i 70 mm.
Il diametro della colonna di ventilazione sarà costante e sarà determinato in base al diametro della colonna di scarico alla quale è abbinato, alla quantità di acqua di scarico e alla lunghezza della colonna di ventilazione stessa. Tale diametro non potrà essere inferiore a quello della diramazione di ventilazione di massimo diametro che in essa si innesta.

## *68.7. Rete di scarico delle acque reflue*

### *68.7.1. Generalità. Classificazioni*

Con il nome generico di *scarichi* si indicano le tubazioni in cui scorrono tutte le acque di rifiuto e le acque piovane. Le tubazioni destinate alla raccolta delle acque di rifiuto e quelle destinate alla raccolta delle acque piovane dovranno essere separate fino al recapito esterno.
La rete di scarico dovrà corrispondere ai seguenti requisiti:
- allontanare rapidamente le acque di rifiuto, senza che si formino sedimentazioni di materie putrescibili o incrostazioni;
- garantire la perfetta tenuta con materiale di giunzione dotato di proprietà plastiche allo scopo di consentire un conveniente grado di scorrevolezza del giunto in caso di variazioni termiche e di possibili assestamenti strutturali;
- impedire il passaggio di esalazioni dalle tubazioni agli ambienti abitati;
- essere resistente a corrosione per effetto di gas e acidi corrodenti.

Le tubazioni di scarico vengono distinte in:
- diramazioni di scarico, costituite dai tronchi di tubazione che collegano gli apparecchi sanitari alla colonna;
- colonne di scarico, costituite da tronchi di tubazione verticale;
- collettori di scarico, costituiti da tronchi orizzontali di tubazioni posti alla base delle colonne con la funzione di raccogliere le acque delle colonne e convogliarle alla fognatura urbana.

Le tubazioni di scarico per le acque piovane non dovranno essere usate come reti di esalazione naturale delle fogne cittadine e delle reti di scarico delle acque di rifiuto.
L'impianto di cui sopra si intende funzionalmente suddiviso come segue:
- parte destinata al convogliamento delle acque (raccordi, diramazioni, colonne, collettori);
- parte destinata alla ventilazione primaria;
- parte destinata alla ventilazione secondaria;
- raccolta e sollevamento sotto quota;
- trattamento delle acque.

### *68.7.2. Materiali*

Per la realizzazione delle diverse parti funzionali si utilizzeranno i materiali e i componenti indicati nei documenti progettuali e a loro completamento si rispetteranno le prescrizioni di seguito indicate.
Vale inoltre, quale precisazione ulteriore a cui fare riferimento, la norma **UNI EN 12056-1**.
I tubi utilizzabili di acciaio, senza saldatura e saldati, per condotte di acqua, devono rispondere alla norma **UNI EN 10224**.
Il loro uso deve essere limitato alle acque di scarico con poche sostanze in sospensione e non saponose.
Per la zincatura si fa riferimento alle norme sui trattamenti galvanici. Per i tubi di acciaio rivestiti, il rivestimento deve rispondere alle prescrizioni delle norme UNI esistenti (polietilene, bitume ecc.) e comunque non deve essere danneggiato o staccato (in tal caso, il tubo deve essere eliminato).
I tubi di ghisa devono essere del tipo centrifugato e ricotto possedere rivestimento interno di catrame, resina epossidica ed essere esternamente catramati o verniciati con vernice antiruggine.
I tubi di grès ceramico devono rispondere alla norma **UNI EN 295** (varie parti) e quelli di fibrocemento devono rispondere alla norma **UNI EN 588-1**.
I tubi di calcestruzzo non armato per fognature, a sezione interna circolare, senza piede di appoggio, devono rispondere infine alla norma **UNI SPERIMENTALE 9534** (n.d.r. norma ritirata senza sostituzione);
I tubi di materiale plastico comprendono:
- tubi di PVC per condotte all'interno dei fabbricati;
- tubi di PVC per condotte interrate;

- tubi di polietilene ad alta densità (PEAD) per condotte interrate;
- tubi di polipropilene (PP).

Per gli scarichi e i sifoni di apparecchi sanitari si veda l'articolo sui componenti dell'impianto di adduzione dell'acqua.

In generale, i materiali di cui sono costituiti i componenti del sistema di scarico devono rispondere alle seguenti caratteristiche:

- minima scabrezza, al fine di opporre la minima resistenza al movimento dell'acqua;
- impermeabilità all'acqua e ai gas, per impedire i fenomeni di trasudamento e di fuoruscita degli odori;
- resistenza all'azione aggressiva esercitata dalle sostanze contenute nelle acque di scarico, con particolare riferimento a quelle dei detersivi e delle altre sostanze chimiche usate per lavaggi;
- resistenza all'azione termica delle acque aventi temperature sino a 90 °C circa;
- opacità alla luce per evitare i fenomeni chimici e batteriologici favoriti dalle radiazioni luminose;
- resistenza alle radiazioni UV, per i componenti esposti alla luce solare;
- resistenza agli urti accidentali.

In generale, i prodotti e i componenti devono inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche:

- conformazione senza sporgenze all'interno per evitare il deposito di sostanze contenute o trasportate dalle acque;
- stabilità di forma in senso sia longitudinale sia trasversale;
- sezioni di accoppiamento con facce trasversali perpendicolari all'asse longitudinale;
- minima emissione di rumore nelle condizioni di uso;
- durabilità compatibile con quella dell'edificio nel quale sono montati.

Gli accumuli e i sollevamenti devono essere a tenuta di aria per impedire la diffusione di odori all'esterno, ma devono avere un collegamento con l'esterno a mezzo di un tubo di ventilazione di sezione non inferiore a metà del tubo o della somma delle sezioni dei tubi che convogliano le acque nell'accumulo.

Le pompe di sollevamento devono essere di costituzione tale da non intasarsi in presenza di corpi solidi in sospensione la cui dimensione massima ammissibile è determinata dalla misura delle maglie di una griglia di protezione da installare a monte delle pompe.

### *68.7.3. Criteri di esecuzione*

Per la realizzazione dell'impianto, si utilizzeranno i materiali, i componenti e le modalità indicate nei documenti progettuali e, qualora non siano specificate in dettaglio nel progetto o a suo completamento, si rispetteranno le prescrizioni seguenti o ulteriori disposizioni impartite dalla direzione dei lavori.

Vale inoltre, quale prescrizione ulteriore a cui fare riferimento, la norma **UNI EN 12056-1**.

Nel suo insieme, l'impianto deve:

- essere installato in modo da consentire la facile e rapida manutenzione e pulizia;
- permettere la sostituzione, anche a distanza di tempo, di ogni sua parte senza gravosi o non previsti;
- interventi distruttivi di altri elementi della costruzione;
- permettere l'estensione del sistema, quando previsto e il suo facile collegamento ad altri sistemi analoghi.

Le tubazioni orizzontali e verticali devono essere installate in allineamento secondo il proprio asse, parallele alle pareti e con la pendenza di progetto. Esse non devono passare sopra apparecchi elettrici o similari o dove le eventuali fuoruscite possono provocare inquinamenti. Quando ciò è inevitabile, devono essere previste adeguate protezioni che convoglino i liquidi in un punto di raccolta. Quando applicabile, vale il **D.M. 12 dicembre 1985** per le tubazioni interrate.

I raccordi con curve e pezzi speciali devono rispettare le indicazioni predette per gli allineamenti, le discontinuità, le pendenze, ecc. Le curve ad angolo retto non devono essere usate nelle connessioni orizzontali (sono ammesse tra tubi verticali e orizzontali) e sono da evitare le connessioni doppie e tra loro frontali e i raccordi a T. I collegamenti devono avvenire con opportuna inclinazione rispetto all'asse della tubazione ricevente e in modo da mantenere allineate le generatrici superiori dei tubi.

I cambiamenti di direzione devono essere fatti con raccordi che non producano apprezzabili variazioni di velocità o altri effetti di rallentamento. Le connessioni in corrispondenza di spostamento dell'asse delle colonne dalla verticale devono avvenire a opportuna distanza dallo spostamento e comunque a non meno di dieci volte il diametro del tubo e al di fuori del tratto di possibile formazione delle schiume.

Gli attacchi dei raccordi di ventilazione secondaria devono essere realizzati come indicato nella norma **UNI EN 12056-1**. Le colonne di ventilazione secondaria, quando non hanno una fuoruscita diretta all'esterno, possono:
- essere raccordate alle colonne di scarico a una quota di almeno 15 cm più elevata del bordo superiore del troppopieno dell'apparecchio collocato alla quota più alta nell'edificio;
- essere raccordate al di sotto del più basso raccordo di scarico.

Devono inoltre essere previste connessioni intermedie tra colonna di scarico e ventilazione almeno ogni dieci connessioni nella colonna di scarico.
I terminali delle colonne fuoriuscenti verticalmente dalle coperture devono essere a non meno di 0,15 m dall'estradosso per coperture non praticabili e a non meno di 2 m per coperture praticabili. Questi terminali devono distare almeno 3 m da ogni finestra oppure essere ad almeno 0,60 m dal bordo più alto della finestra.
I punti di ispezione devono essere previsti con diametro uguale a quello del tubo fino a 100 mm e con diametro minimo di 100 mm negli altri casi. La loro posizione deve trovarsi:
- al termine della rete interna di scarico insieme al sifone e a una derivazione;
- a ogni cambio di direzione con angolo maggiore di 45°;
- ogni 15 m di percorso lineare, per tubi con diametro sino a 100 mm, e ogni 30 m per tubi con diametro maggiore;
- a ogni confluenza di due o più provenienze;
- alla base di ogni colonna.

Le ispezioni devono essere sempre consentite e gli spazi devono essere accessibili, così da consentire di operare con gli utensili di pulizia. Apparecchi facilmente rimovibili possono fungere da ispezioni. Nel caso di tubi interrati con diametro uguale o superiore a 300 mm, bisogna prevedere pozzetti di ispezione a ogni cambio di direzione e, comunque, ogni 40-50 m.
I supporti di tubi e apparecchi devono essere staticamente affidabili, durabili nel tempo e tali da non trasmettere rumori e vibrazioni. Le tubazioni vanno supportate a ogni giunzione. In particolare, quelle verticali almeno ogni 2,5 m e quelle orizzontali ogni 0,5 m per diametri fino a 50 mm; ogni 0,8 m per diametri fino a 100 mm, ogni 1 m per diametri oltre 100 mm. Il materiale dei supporti deve essere compatibile chimicamente e, in quanto a durezza, con il materiale costituente il tubo.
Si devono prevedere giunti di dilatazione per i tratti lunghi di tubazioni, in relazione al materiale costituente e alla presenza di punti fissi, quali parti murate o vincolate rigidamente. Gli attraversamenti delle pareti a seconda della loro collocazione possono essere per incasso diretto, con utilizzazione di manicotti di passaggio (controtubi) opportunamente riempiti tra tubo e manicotto, con foro predisposto per il passaggio in modo da evitare punti di vincolo.
Gli scarichi a pavimento all'interno degli ambienti devono sempre essere sifonati, con possibilità di un secondo attacco.

### *68.7.4. Diramazioni di scarico*

Le diramazioni di scarico possono essere realizzate in tubi di piombo, ghisa, materiale plastico (PVC o polietilene ad alta densità, PEad) o acciaio. Le diramazioni devono convogliare le acque di scarico provenienti dagli apparecchi sanitari, senza eccessive pressioni o formazione di pertubazione nelle colonne di scarico per effetto dei flussi discendenti.
La portata della diramazione di scarico deve essere maggiore o uguale alla somma delle portate dei singoli apparecchi sanitari collegati dalla diramazione.
Il collegamento delle diramazioni di scarico di piombo con le colonne di scarico di ghisa deve avvenire mediante l'interposizione di anelli di congiunzione (virola) in rame. Nel caso di diramazioni di materiali plastici, il collegamento alle colonne di scarico può essere eseguito con anello elastico a pressione o mediante incollaggio con speciale mastice, in modo da assicurare la perfetta tenuta idraulica.
Per le diramazioni in tubazioni di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) nel campo degli scarichi (a bassa e ad alta temperatura), sia all'interno della struttura degli edifici (marcati B) sia nel sottosuolo entro la struttura dell'edificio (marcati BD), si applicheranno le disposizioni della norma **UNI EN 1329-1**.
La pendenza delle diramazioni deve essere maggiore del 2%. Ai tratti orizzontali deve essere assicurato un minimo di pendenza per facilitare il deflusso delle acque reflue.

**Tabella 79.3. Diametro minimo delle diramazioni di scarico in funzione della pendenza**

| Diametro minimo (mm) | Max numero unità di scarico con pendenza | | |
|---|---|---|---|
| | 1% | 2% | 4% |
| 35 (senza vasi) | 1 | 1 | 1 |
| 40 (senza vasi) | 2 | 3 | 4 |
| 50 (senza vasi) | 4 | 5 | 6 |
| 60 (senza vasi) | 7 | 10 | 12 |
| 70 (senza vasi) | 12 | 15 | 18 |
| 80 (senza vasi) | 22 | 28 | 34 |
| 80 (max 2 vasi) | 14 | 16 | 20 |
| 100 | 80 | 90 | 100 |
| 125 | 120 | 160 | 200 |
| 150 | 250 | 300 | 400 |

**Tabella 79.4. Diametro minimo delle diramazioni di scarico interne in funzione delle unità di scarico**

| Apparecchio sanitario | Diametro minimo (mm) | Unità di scarico |
|---|---|---|
| Lavabo | 35 | 1-2 |
| Lavello da cucina | 40 | 3 |
| Vaso a cacciata | 100 | 2-4 |
| Vaso ad aspirazione | 80 | 6 |
| Vaso alla turca | 100 | 7-8 |
| Vasca da bagno | 40-50 | 3-4 |
| Doccia | 40-50 | 2-3 |
| Piletta | 40 | 3 |
| Bidet | 35 | 1-2 |
| Orinatoi | 40 | 2-4 |
| Lavapiedi | 40 | 2 |
| Vuotatoi | 100 | 8 |

### *68.7.5. Colonne di scarico*

Le colonne di scarico sono costituite da tubazioni verticali in ghisa, materiale plastico (PVC o polietilene ad alta densità, PEAD), acciaio, acciaio smaltato o gres.
Il diametro della colonna di scarico deve essere determinato in funzione delle unità di scarico delle diramazioni servite e dall'altezza della colonna. Tale diametro deve essere mantenuto costante per tutta l'altezza della colonna. In caso di spostamenti dell'asse della colonna superiori a 45° rispetto alla verticale, si rimanda alle disposizioni della norma **UNI EN 12056-1**, che prevede la suddivisione della colonna in tratti.
Le colonne di scarico devono essere fissate alle strutture portanti mediante collari in acciaio inox o in acciaio zincato. Le tubazioni in plastica, per tenere conto delle dilatazioni termiche, vanno fissate con due ancoraggi (del tipo a manicotti scorrevoli) posti sotto il bicchiere.

**Tabella 79.5. Diametro minimo delle colonne di scarico**

| Diametro minimo (mm) | Max numero unità di scarico | | Lunghezza max della colonna (m) |
|---|---|---|---|
| | Per ogni piano | Per tutta la colonna | |
| 40 (senza vasi) | 3 | 8 | 14 |
| 50 (senza vasi) | 5 | 18 | 18 |
| 60 (senza vasi) | 8 | 25 | 25 |
| 70 (senza vasi) | 20 | 35 | 30 |
| 80 | 40 | 70 | 50 |
| 100 | 100 | 350 | 80 |
| 125 | 200 | 800 | 100 |
| 150 | 300 | 1200 | 140 |

### *68.7.6. Collettori di scarico*

I collettori di scarico devono essere collocati in modo da avere la massima pendenza possibile e la minima lunghezza. Gli eventuali cambiamenti di direzione devono avvenire mediante curve ampie con angolo non superiore ai 45°. In prossimità del cambiamento di direzione da verticale a orizzontale, devono usarsi due mezze

curve a 45°, in modo da formare una curva più ampia possibile.
I collettori di scarico a soffitto devono essere sostenuti da braccialetti apribili, collocati in prossimità di ogni bicchiere e in generale ogni 2 m di lunghezza di tubazione in ghisa o materiale plastico (per le tubazioni in gres tale distanza deve essere ridotta a 1 metro). I collari di sostegno a soffitto possono essere del tipo a nastro regolabile o a collare pesante in metallo o in PVC.
I collettori di scarico dovranno essere dotati, prima del loro collegamento con il recapito esterno, di un idoneo dispositivo ispezionabile a chiusura idraulica provvisto di attacco per la ventilazione.
Nei collettori deve essere assicurata una velocità di deflusso non inferiore a 0,6 m/s, in modo da evitare la separazione dei materiali solidi da allontanare. L'eventuale velocità massima di deflusso deve essere compatibile con il materiale componente il collettore, in modo da non provocare forme di abrasione della superficie interna dei tubi. La velocità media di deflusso deve essere compresa tra 0,7 e 2,5 m/s.
La direzione dei lavori potrà procedere alla verifica della velocità di deflusso in relazione alla portata e pendenza della tubazione.

**Tabella 79.6. Collettori di scarico: diametro minimo in funzione della pendenza**

| Diametro minimo (mm) | Max numero unità di scarico con pendenza | | |
|---|---|---|---|
| | 2% | 3% | 4% |
| 35 (senza vasi) | 30 | 40 | 60 |
| 80 (senza vasi) | 80 | 40 | 60 |
| 100 | 80 | 100 | 150 |
| 125 | 200 | 250 | 350 |
| 150 | 500 | 600 | 800 |
| 200 | 1500 | 2000 | 2500 |
| 250 | 3000 | 4000 | 5000 |
| 300 | 5000 | 6500 | 8000 |

**Tabella 79.7. Collettori di scarico: velocità dell'acqua e massimo numero di unità di scarico in funzione del diametro e della pendenza**

| Diametro colonna | Velocità (m/s) pendenza (%) | | | | Carico US Pendenza (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 |
| 50 | 0,31 | 0,44 | 0,62 | 0,88 | - | 21 | 26 |
| 65 | 0,34 | 0,49 | 0,68 | 0,98 | - | 24 | 31 |
| 80 | 0,38 | 0,54 | 0,76 | 1,08 | 20 | 27 | 36 |
| 100 | 0,44 | 0,62 | 0,88 | 1,24 | 180 | 216 | 250 |
| 125 | 0,49 | 0,69 | 1,08 | 1,39 | 390 | 480 | 575 |
| 150 | 0,54 | 0,76 | 1,24 | 1,52 | 700 | 840 | 1000 |
| 200 | 0,62 | 0,88 | 1,29 | 1,75 | 1600 | 1920 | 2300 |
| 250 | 0,69 | 0,98 | 1,39 | 1,96 | 29900 | 3500 | 4200 |
| 300 | 0,75 | 1,07 | 1,47 | 2,06 | 4600 | 5600 | 6700 |

**Tabella 79.8. Collettori di scarico: pendenze minime consigliate per i tratti sub-orizzontali**

| Tubazione | Pendenza (%) |
|---|---|
| Gres o piombo | 0,5 |
| Ghisa, acciaio, materiale plastico | 1 |
| Fibrocemento | 1,5 |
| Cemento | 2 |

**Tabella 79.9. Diametri indicativi delle tubazioni di scarico di alcuni apparecchi idrosanitari**

| Apparecchio idrosanitario | Diametro minimo interno del sifone e dello scarico (mm) |
|---|---|
| Lavabo | 32 |
| Vaso a sedere normale | 100 |
| Vaso a sedere ad aspirazione | 75 |
| Vaso alla turca | 100 |
| Vasca da bagno | 50 |
| Bidè | 32 |
| Doccia | 50 |

| | |
|---|---|
| Lavastoviglie, lavatrice | 40 |
| Orinatoio sospeso | 40 |
| Orinatoio a stallo verticale | 50 |
| Orinatoio ad aspirazione | 32 |
| Lavello da cucina di appartamento | 40 |
| Lavello da cucina di ristorante | 75 |
| Lavabo da ristorante | 50 |
| Lavabo da laboratorio | 40 |
| Vuotatoio | 100 |
| Lavapiedi | 40 |
| Lavatoio | 40 |
| Fontanella d'acqua da bere | 32 |
| Chiusino a pavimento | 50 |

#### *68.7.7. Dispositivo a chiusura idraulica*

Ogni apparecchio sanitario dovrà essere corredato di un dispositivo a chiusura idraulica, inserito sullo scarico, ispezionabile e collegabile alla diramazione di ventilazione.

#### *68.7.8. Pozzetti di ispezioni*

Le reti di scarico devono essere dotate di pozzetti di ispezione, le cui dimensioni dipendono dalla quota del piano di posa delle tubazioni, conformemente alle prescrizioni del progetto esecutivo o a ulteriori disposizioni impartite dalla direzione dei lavori.

Il volume interno del pozzetto deve essere maggiore o uguale al volume dell'interno della colonna di scarico servita.

**Tabella 79.10. Dimensioni indicative di pozzetti di ispezione**

| Profondità (cm) | Dimensioni interne del pozzetto (cm) | Muratura | Chiusino dimensione esterne (cm) |
|---|---|---|---|
| < 90 | 52 × 52 | A una testa | 64 × 64 |
| 90-250 | 82 × 82 | A due teste | 84 × 84 |
| > 250 | ∅ 90 | CLS prefabbricato | 84 × 84 |

### 68.8. Rete di scarico delle acque piovane. Canali di gronda e pluviali

#### *68.8.1. Generalità*

I sistemi di scarico delle acque meteoriche possono essere realizzati in:

- canali di gronda: lamiera zincata, rame, PVC, acciaio inossidabile;
- pluviali (tubazioni verticali): lamiera zincata, rame, PVC, acciaio inossidabile, polietilene ad alta densità (PEad), alluminio, ghisa e acciaio smaltato;
- collettori di scarico (o orizzontali): ghisa, PVC, polietilene ad alta densità (PEad), cemento e fibrocemento.

Le tubazioni di scarico per le acque piovane non dovranno essere usate come reti di esalazione naturale delle fogne cittadine e delle reti di scarico delle acque di rifiuto.

#### *68.8.2. Materiali e criteri di esecuzione*

Per la realizzazione delle diverse parti funzionali, si utilizzeranno i materiali e i componenti indicati nei documenti progettuali. Qualora non siano specificati in dettaglio nel progetto o a suo completamento, si rispetteranno le prescrizioni seguenti:

a) in generale tutti i materiali e i componenti devono resistere all'aggressione chimica degli inquinanti atmosferici, all'azione della grandine e ai cicli termici di temperatura (compreso gelo/disgelo), combinati con le azioni dei raggi IR, UV, ecc.;

b) gli elementi di convogliamento e i canali di gronda, oltre a quanto detto al punto a), se di metallo devono resistere alla corrosione; se di altro materiale devono rispondere alle prescrizioni per i prodotti per le coperture; se verniciate dovranno essere realizzate con prodotti per esterno rispondenti a quanto specificato al punto a);

c) i tubi di convogliamento dei pluviali e dei collettori devono rispondere, a seconda del materiale, a quanto indicato nell'articolo relativo allo scarico delle acque usate;
d) per i punti di smaltimento valgono, per quanto applicabili, le prescrizioni sulle fognature impartite dalle pubbliche autorità. Per quanto riguarda i dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli, vale la norma **UNI EN 124**.
Per la realizzazione dell'impianto si utilizzeranno i materiali, i componenti e le modalità indicate nei documenti progettuali esecutivi e qualora non siano specificati in dettaglio nel progetto o a suo completamento, si rispetteranno le prescrizioni seguenti. Vale inoltre, quale prescrizione ulteriore cui fare riferimento, la norma **UNI EN 12056-3**.
I pluviali montati all'esterno devono essere installati in modo da lasciare libero uno spazio tra parete e tubo di 5 cm e i passaggi devono essere almeno uno in prossimità di ogni giunto, di materiale compatibile con quello del tubo.
I bocchettoni e i sifoni devono essere sempre del diametro delle tubazioni che immediatamente li seguono. Quando l'impianto delle acque meteoriche è collegato all'impianto di scarico acque usate, deve essere interposto un sifone. Tutte le caditoie a pavimento devono essere sifonate. Ogni inserimento su un collettore orizzontale deve avvenire ad almeno 1,5 m dal punto di innesto di un pluviale.
Per i pluviali e i collettori installati in parti interne all'edificio (intercapedini di pareti, ecc.) devono essere prese tutte le precauzioni di installazione (fissaggi elastici, materiali coibenti acusticamente, ecc.), per limitare entro valori ammissibili i rumori trasmessi.

### *68.8.3. Canali di gronda*

Il bordo esterno dei canali di gronda deve essere leggermente più alto di quello interno, per consentire l'arresto dell'acqua piovana di raccolta proveniente dalle falde o dalle converse di convogliamento. La pendenza verso i tubi pluviali deve essere superiore all'1%. I canali di gronda devono essere fissati alla struttura del tetto con zanche sagomate o con tiranti; eventuali altri sistemi devono essere autorizzati dalla direzione dei lavori.
Per l'accettazione dei canali di gronda e relativi accessori di PVC non plastificato, all'esame visivo le superfici interne ed esterne, devono presentarsi lisce, pulite e prive di rigature, cavità e altri difetti di superficie. Le estremità dei canali di gronda devono essere tagliate in modo netto e perpendicolare rispetto all'asse longitudinale del profilo.
I canali di gronda devono avere pendenza non inferiore a 0,25%.

**Tabella 79.11. Dati dimensionali dei lamierini**

| Spessore (mm) | Peso (kg/dm$^3$) | Dimensioni | |
|---|---|---|---|
| | | Larghezza (mm) | Lunghezza (mm) |
| 4/10 6/10 8/10 10/10 12/10 14/10 16/10 18/10 2 2 ½ 3 | 3,20 4,80 6,40 8,00 9,60 11,20 12,80 14,40 16,00 20,00 24,00 | 1000 1100 1300 1400 1500 1500 1500 1500 1500 1600 1800 | 2000 3000 3000 3500 4000 4000 4000 4000 5000 6000 10000 |

**Tabella 79.12. Dati dimensionali delle lamiere zincate**

| Lastre piane 1 × 2 | |
|---|---|
| Spessore (mm) | Peso (kg) |
| 3/10 4/10 5/10 6/10 8/10 10/10 12/10 15/10 20/10 | 6,80 8,00 9,50 11,50 14,00 17,00 20,00 25,00 34,00 |

**Tabella 79.13. Dati dimensionali dei canali di gronda delle lamiere zincate (peso in kg)**

| Spessore (mm) | Per bocca di sviluppo (cm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 15 × 25 | 18 × 30 | 19 × 33 | 20 × 25 | 22 × 40 |
| 4/10 5/10 6/10 8/10 10/10 | 1,00 1,20 1,40 1,70 2,20 | 1,20 1,50 1,70 2,00 2,50 | 1,30 1,60 1,90 2,30 2,85 | 1,40 1,70 2,00 2,50 3,10 | 1,60 1,90 2,20 2,70 3,40 |

### *68.8.4. Pluviali*

I pluviali possono essere sistemati all'interno o all'esterno della muratura perimetrale. Il fissaggio dei pluviali alle strutture deve essere realizzato con cravatte collocate sotto i giunti a bicchiere. Inoltre, per consentire eventuali dilatazioni non devono risultare troppo strette; a tal fine, tra cravatta e tubo deve essere inserito del materiale

elastico o della carta ondulata.
L'unione dei pluviali deve essere eseguita mediante giunti a bicchiere con l'ausilio di giunti di gomma.
L'imboccatura dei pluviali deve essere protetta da griglie metalliche per impedirne l'ostruzione (foglie, stracci, nidi, ecc.).
Il collegamento tra pluviali e canali di gronda deve avvenire mediante bocchettoni di sezione e forma adeguata che si innestano ai pluviali.
I pluviali esterni devono essere protetti per un'altezza inferiore a 2 m da terra con elementi in acciaio o ghisa resistenti agli urti.
I pluviali incassati devono essere alloggiati in un vano opportunamente impermeabilizzato, che deve essere facilmente ispezionabile per il controllo dei giunti o la sostituzione dei tubi; in tal caso, il vano può essere chiuso con tavelline intonacate, facilmente sostituibili.
I pluviali devono avere un diametro non inferiore a 80 mm.

**Tabella 79.14. Dati dimensionali dei tubi pluviali in lamiera zincata (peso in kg)**

| **Spessore (mm)** | **Per diametro (mm)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **80** | **85** | **90** | **95** | **100** | **110** | **120** |
| 3,5/10 4/10 5/10 6/10 8/10 10/10 | 1,00 1,15 1,30 1,65 2,00 2,40 | 1,10 1,20 1,40 1,75 2,15 2,55 | 1,15 1,30 1,50 1,85 2,30 2,80 | 1,20 1,35 1,60 2,00 2,45 2,90 | 1,25 1,40 1,70 2,10 2,50 3,00 | 1,35 1,50 1,80 2,25 2,60 3,15 | 1,45 1,60 1,90 2,40 2,80 3,40 |

**Tabella 79.15. Diametro dei canali di gronda e dei pluviali in funzione della superficie del tetto**

| **Superficie del tetto in proiezione orizzontale ($m^2$)** | **Diametro minimo del canale di gronda[1] (mm)** | **Diametro interno minimo del canale del pluviale (mm)** |
|---|---|---|
| Fino a 8 9 a 25 26 a 75 76 a 170 171 a 335 336 a 500 501 a 1000 | 80 100 100 (125) 150 200 250 | 40 50 75 (90) 100 125 150 |
| [1] Il canale di gronda è considerato di forma semicircolare. | | |

### *68.8.5. Collettori di scarico*

Il diametro minimo dei collettori di scarico (interrati o sospesi al soffitto del piano cantinato) per il convogliamento delle acque piovane alla fognatura può essere desunto dalla tabella 79.16, in funzione della superficie del tetto. Tali valori sono stati ottenuti applicando la formula di Chèzy-Bazin, in base a:
- un coefficiente di scabrezza = 0,16;
- intensità di pioggia = 100 mm/h;
- coefficienti di assorbimento = 1;
- canali pieni a metà altezza.

**Tabella 79.16. Diametro dei collettori di scarico per pluviali**

| **Diametro minimo del collettore (mm)** | **Pendenza del collettore** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **1%** | **2%** | **3%** | **4%** |
| | **Superficie della copertura ($m^2$)** | | | |
| 80 100 125 150 200 250 300 | 50 100 180 300 650 1100 1900 | 75 135 250 410 900 1650 2700 | 90 170 310 500 1100 2000 3300 | 110 190 350 600 1280 2340 3820 |

### *68.8.6. Pozzetto a chiusura idraulica*

I pluviali che si allacciano alla rete fognante devono essere dotati di pozzetti a chiusura idraulica o sifoni, entrambi ispezionabili secondo il progetto esecutivo e/o secondo le indicazioni della direzione dei lavori.
I pozzetti possono essere prefabbricati in conglomerato cementizio armato e vibrato oppure realizzati in opera.

### *68.8.7. Verifiche del direttore dei lavori*

Il direttore dei lavori per la realizzazione dell'impianto di scarico delle acque meteoriche opererà come segue:
- effettuerà le necessarie prove di tenuta;
- eseguirà la prova di capacità idraulica combinata dei canali di gronda (**UNI EN 12056-3**, appendice A, punto A.1) per i sistemi che prevedono una particolare bocca di efflusso raccordata al tipo di canale di gronda;

- eseguirà la prova di capacità dei canali di gronda (**UNI EN 12056-3**, appendice A, punto A.2) per i sistemi che prevedono bocche di efflusso di diversi tipi;
- eseguirà la prova di capacità delle bocche di deflusso (**UNI EN 12056-3**, appendice A, punto A.3) per i sistemi che prevedono bocche di efflusso utilizzabili per canali di gronda di diversi tipi;
- eseguirà, al termine dei lavori, una verifica finale dell'opera.

In conformità al D.M. n. 37/2008, l'appaltatore dovrà consegnare al direttore dei lavori la dichiarazione di conformità delle opere di scarico realizzate alle prescrizioni del progetto.

#### *68.8.7.1. Norme di riferimento*

a) canali di gronda e relativi accessori di PVC non plastificato:
**UNI EN 607** - *Canali di gronda e relativi accessori di PVC non plastificato. Definizioni, requisiti e prove.*

b) canali di gronda e pluviali di lamiera metallica:
**UNI EN 612** - *Canali di gronda e pluviali di lamiera metallica. Definizioni, classificazioni e requisiti.*

c) supporti per canali di gronda:
**UNI EN 1462** - *Supporti per canali di gronda. Requisiti e prove.*

d) collaudo:
**UNI EN 12056-3** - *Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici. Sistemi per l'evacuazione delle acque meteoriche, progettazione e calcolo.*

### *68.8.8. Pompe*

L'installazione delle elettropompe dovrà essere eseguita con notevole cura, per ottenerne il perfetto funzionamento idraulico, meccanico ed elettrico. In particolare, si opererà in modo da:
- assicurare il perfetto livellamento orizzontale (o verticale) dell'asse delle pompe sul basamento di appoggio;
- consentire lo smontaggio e il rimontaggio senza manomissioni delle tubazioni di attacco;
- prevenire qualsiasi trasmissione di rumori e vibrazioni agli ambienti, sia mediante interposizione di idoneo materiale smorzante, sia mediante adeguata scelta delle caratteristiche del motore elettrico, che dovrà essere comunque del tipo a quattro poli;
- inserire sulla tubazione di mandata valvole di ritegno del tipo ad ogiva silenziosa, o altro eventuale tipo avente uguali o migliori caratteristiche;
- garantire la piena osservanza delle norme CEI, sia per quanto riguarda la messa a terra, come per quanto concerne l'impianto elettrico.

Le pompe dovranno rispondere alle prescrizioni delle seguenti norme:
**UNI ISO 2548** - *Pompe centrifughe, semiassiali e assiali. Codice per le prove di accettazione. Classe C*;
**UNI ISO 3555** - *Pompe centrifughe, semiassiali e assiali. Codice per le prove di accettazione. Classe B.*

## *68.9. Prove e verifiche della rete di distribuzione dell'acqua fredda e calda*

### *68.9.1. Generalità*

Le verifiche e le prove indicate ai punti che seguono devono essere eseguite in corso d'opera dal direttore dei lavori a impianto ultimato, con la redazione del regolare verbale in contraddittorio con l'appaltatore.
Le verifiche e le prove dovranno essere eseguite quando le tubazioni sono ancora in vista e cioè prima che si proceda a verniciature, coibentazioni e rivestimenti, chiusura di tracce con malta o altro, cunicoli o cavedi impraticabili, rivestimenti murari, massetti, pavimentazioni, ecc.

### *68.9.2. Prova di tenuta idraulica a freddo delle rete di distribuzione*

La prova di tenuta idraulica (**UNI 9182, punto 26.2.1**) deve essere eseguita prima del montaggio della rubinetteria e prima della chiusura dei vani, cavedi, ecc., dopo aver chiuso le estremità delle condutture con tappi a vite o flange, in modo da costituire un circuito chiuso. Dopo aver riempito d'acqua il circuito stesso, si sottoporrà a pressione, per almeno quattro ore, la rete o parte di essa a mezzo di una pompa idraulica munita di

manometro inserita in un punto qualunque del circuito.
Tutte le tubazioni in prova complete delle valvole e dei rubinetti di intercettazione mantenuti in posizione aperta saranno provate a una pressione pari ad una 1,5 volte la pressione massima di esercizio dell'impianto, ma comunque non inferiore a 600 kPa.
La pressione di prova sarà letta su manometro inserito a metà altezza delle colonne montanti. Per *pressione massima di esercizio* si intende la massima pressione per la quale è stato dimensionato l'impianto onde assicurare l'erogazione al rubinetto più alto e più lontano, con la contemporaneità prevista e con il battente residuo non inferiore a 5 m $H_2O$.
La prova di tenuta sarà giudicata positiva se l'impianto, mantenuto al valore della pressione stabilita per 24 ore consecutive, non manifesterà perdite e quindi abbassamenti di pressione al di fuori delle tolleranze ammesse di 30 kPa.
La prova può essere eseguita anche per settori di impianto.

### *68.9.3. Prova idraulica a caldo*

La prova idraulica a caldo (**UNI 9182, punto 26.2.2**) deve essere eseguita con le medesime modalità per la rete acqua fredda, ma con riferimento alla rete di distribuzione dell'acqua calda, nelle seguenti condizioni di funzionamento:
- messa in funzione dell'impianto di preparazione acqua centralizzato per un tempo non inferiore a due ore consecutive, fino al raggiungimento della pressione d'esercizio;
- temperatura iniziale maggiore di almeno 10 °C della massima temperatura di esercizio.

La prova sarà ritenuta positiva se non si sono verificate eccessive dilatazioni termiche delle tubazioni con conseguenti danneggiamenti alle strutture murarie (intonaci, rivestimenti, ecc.) e naturalmente perdite d'acqua.

### *68.9.4. Prova di erogazione di acqua fredda*

La prova di erogazione di acqua fredda (**UNI 9182, punto 26.2.4**) ha lo scopo di accertare che l'impianto sia in grado di erogare la portata alla pressione stabilita quando sia funzionante un numero di erogazioni pari a quelle previste nel calcolo per una durata minima di 30 minuti consecutivi.
La prova di erogazione si ritiene superata se, per il periodo prefissato, il flusso dell'acqua da ogni erogazione rimane entro il valore di calcolo con una tolleranza del 10%.

### *68.9.5. Prova di erogazione di acqua calda*

La prova di erogazione di acqua calda (**UNI 9182, punto 26.2.5**) deve essere eseguita nelle seguenti condizioni di funzionamento:
- durata minima 60 minuti;
- apertura contemporanea di tutti i rubinetti o bocche di erogazione previste nel calcolo meno una.

La prova sarà ritenuta positiva se l'acqua calda viene erogata sempre alla stessa temperatura e portata, ammettendo una tolleranza del 10% rispetto alla temperatura prevista, dopo l'erogazione di 1,5 litri con una tolleranza di 1 °C.

### *68.9.6. Prova di efficienza della rete di ventilazione secondaria*

La prova di efficienza della rete di ventilazione secondaria consiste nel controllo della tenuta dei sifoni degli apparecchi gravanti sulle colonne da provare, quando venga fatto scaricare contemporaneamente un numero di apparecchi pari a quello stabilito dalla contemporaneità.

### *68.9.7. Misura del livello del rumore*

La misura del livello del rumore (**UNI 9182, punto 22**) deve essere effettuata nel rispetto del **D.P.C.M. 5 dicembre 1997** - *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*.
La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:
- 35 dB(A) LAmax con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- 25 dB(A) LAeq per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

## Art. 69. **Impianti di adduzione del gas**

### *69.1. Generalità*

Il dimensionamento delle tubazioni e degli eventuali riduttori di pressione deve essere tale da garantire il corretto funzionamento degli apparecchi di utilizzazione. L'impianto interno e i materiali impiegati devono essere conformi alla legislazione tecnica vigente.
Possono essere utilizzati esclusivamente tubi idonei. Sono considerati tali quelli rispondenti alle caratteristiche di seguito indicate e realizzati in acciaio, in rame o in polietilene.

### *69.2. Norme di riferimento*

#### *69.2.1. Impianti a gas di rete: progettazione, installazione, manutenzione*

**UNI 7128** - *Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione. Termini e definizioni*;
**UNI 7129-1** - *Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione. Progettazione e installazione. Parte 1: Impianto interno*;
**UNI 7129-2** - *Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione. Progettazione e installazione. Parte 2: Installazione degli apparecchi di utilizzazione, ventilazione e aerazione dei locali di installazione*;
**UNI 7129-3** - *Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione. Progettazione e installazione. Parte 3: Sistemi di evacuazione dei prodotti della combustione*;
**UNI 7129-4** - *Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione. Progettazione e installazione. Parte 4: Messa in servizio degli impianti/apparecchi*;
**UNI 10738** - *Impianti alimentati a gas combustibile per uso domestico preesistenti alla data 13 marzo 1990. Linee guida per la verifica delle caratteristiche funzionali*;
**UNI 10435** - *Impianti di combustione alimentati a gas con bruciatori ad aria soffiata di portata termica nominale maggiore di 35 kW. Controllo e manutenzione*;
**UNI 7140** - *Apparecchi a gas per uso domestico. Tubi flessibili non metallici per allacciamento*;
**UNI EN 1775** - *Trasporto e distribuzione di gas. Tubazioni di gas negli edifici. Pressione massima di esercizio minore o uguale a 5 bar. Raccomandazioni funzionali*;
**UNI 9165** - *Reti di distribuzione del gas. Condotte con pressione massima di esercizio minore o uguale a 5 bar. Progettazione, costruzione, collaudo, conduzione, manutenzione e risanamento*;
**UNI 10642** - *Apparecchi a gas. Classificazione in funzione del metodo di prelievo dell'aria comburente e di scarico dei prodotti a combustione*.

#### *69.2.2. Dispositivi di sorveglianza di fiamma. Termostati*

**UNI EN 125** - *Dispositivi di sorveglianza di fiamma per apparecchi utilizzatori a gas. Dispositivi termoelettrici di sicurezza all'accensione e allo spegnimento*;
**UNI EN 257** - *Termostati meccanici per apparecchi utilizzatori a gas*.

#### *69.2.3. Condotte di distribuzione del gas. Tubi. Impianti di derivazione di utenza del gas*

**D.M. 16 aprile 2008** - *Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e dei sistemi di distribuzione e di linee dirette del gas naturale con densità non superiore a 0,8*;
**D.M. 17 aprile 2008** - *Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8*;
**UNI 9034** - *Condotte di distribuzione del gas con pressioni massime di esercizio minore/uguale 5 bar. Materiali e sistemi di giunzione*;
**UNI 9165** - *Reti di distribuzione del gas con pressioni massime di esercizio minori o uguali a 5 bar. Progettazioni, costruzioni e collaudi*;
**UNI EN 969** - *Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggio per condotte di gas. Prescrizioni e metodi di prova*;

**UNI EN 1057** - *Rame e leghe di rame. Tubi rotondi di rame senza saldatura per acqua e gas nelle applicazioni sanitarie e di riscaldamento*;
**UNI 9860** - *Impianti di derivazione di utenza del gas. Progettazione, costruzione e collaudo.*

*69.2.4. Impianti a gas GPL*

**UNI 7131** - *Impianti a GPL per uso domestico non alimentati da rete di distribuzione. Progettazione, installazione, esercizio e manutenzione*.

*69.3. Tubazioni*

*69.3.1. Tubi di acciaio*

I tubi di acciaio possono essere senza saldatura oppure con saldatura longitudinale e devono avere caratteristiche qualitative e dimensionali non inferiori a quelle indicate dalla norma **UNI EN 10255** - *Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura. Condizioni tecniche di fornitura*.
I tubi in acciaio con saldatura longitudinale, se interrati, devono avere caratteristiche qualitative e dimensionali non inferiori a quelle indicate dalle norme:
**UNI EN 10208-1** - *Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi della classe di prescrizione A*;
**UNI EN 10208-2** - *Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi della classe di prescrizione B.*

*69.3.2. Tubi di rame*

I tubi di rame, da utilizzare esclusivamente per le condotte del gas della VII specie (pressione di esercizio non superiore a 0,04 bar) devono avere caratteristiche qualitative e dimensionali non minori di quelle indicate dalla norma **UNI EN 1057**.
Nel caso di interramento lo spessore non può essere minore di 2 mm.

*69.3.3. Tubi in polietilene per impianto interno di distribuzione gas*

I tubi in polietilene per le tubazioni interrate per la distribuzione del gas devono avere lo spessore minimo di 3 mm e rispondere alle caratteristiche delle norme:
**UNI EN 1555-1** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili. Polietilene (PE). Parte 1: Generalità*;
**UNI EN 1555-2** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili. Polietilene (PE). Parte 2: Tubi*;
**UNI EN 1555-3** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili. Polietilene (PE). Parte 3: Raccordi*;
**UNI EN 1555-4** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili. Polietilene (PE). Parte 4: Valvole*;
**UNI EN 1555-5** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili. Polietilene (PE). Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema*;
**UNI CEN/TS 1555-7** - *Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili. Polietilene (PE). Parte 7: Guida per la valutazione della conformità*.

*69.3.3.1. Marcatura*

I tubi in polietilene per gli impianti a gas devono essere contraddistinti da marcatura comprendente:
- l'indicazione del materiale e della classe;
- l'indicazione del tipo;
- il valore del diametro esterno;
- l'indicazione della serie di spessore;
- il marchio di fabbrica;
- l'iscrizione GAS;
- il codice riguardante il nome commerciale e il produttore.

La marcatura deve essere indelebile e continua, svilupparsi su almeno due generatrici diametralmente opposte

del tubo e ripetersi con intervalli non maggiori di 100 cm. Per i tubi neri la marcatura deve essere di colore giallo. L'altezza dei caratteri deve essere in funzione del diametro del tubo e non minore di 3,5 mm.

### *69.4. Giunzioni, raccordi e pezzi speciali, valvole*

#### *69.4.1. Tubazioni in acciaio*

Le giunzioni dei tubi di acciaio devono essere realizzate mediante raccordi con filettatura o a mezzo saldatura di testa per fusione.
Per la tenuta delle giunzioni filettate, possono essere impiegati specifici composti di tenuta non indurenti (**UNI EN 751-1**), eventualmente accompagnati da fibra di supporto specificata dal produttore (canapa, lino, fibra sintetica, ecc.) o nastri di fibra sintetica non tessuta impregnati di composto di tenuta (**UNI EN 751-2**). Possono essere impiegati anche nastri di PTFE non sinterizzato, conformi alla norma **UNI EN 751-3**.
È vietato l'impiego di fibre di canapa su filettature di tubazioni convoglianti GPL o miscele di GPL aria.
È vietato l'impiego di biacca, minio o materiali simili.
Tutti i raccordi e i pezzi speciali devono essere di acciaio oppure di ghisa malleabile. I raccordi di acciaio devono avere estremità filettate (**UNI EN 10241**) o saldate (**EN 10253-1**). I raccordi di ghisa malleabile devono avere estremità unicamente filettate (**UNI EN 10242**).
I rubinetti per installazione fuori terra (installazioni a vista, in pozzetti e in scatole ispezionabili) devono essere, in alternativa, di ottone, di bronzo, di acciaio, di ghisa sferoidale, conformi alla norma **UNI EN 331**. Essi devono risultare di facile manovra e manutenzione. Le posizioni di aperto/chiuso devono essere chiaramente rilevabili.

#### *69.4.2. Tubazioni in rame*

Per le tubazioni in rame si applicano le seguenti prescrizioni:
- le giunzioni dei tubi possono essere realizzate mediante giunzione capillare con brasatura dolce o forte (**UNI EN ISO 4063**), per mezzo di raccordi conformi alla norma **UNI EN 1254-1**, ed esclusivamente mediante brasatura forte per mezzo di raccordi conformi alla norma **UNI EN 1254-5**. I raccordi e i pezzi speciali possono essere di rame, di ottone o di bronzo;
- le giunzioni miste, tubo di rame con tubo di acciaio, e anche quelle per il collegamento di rubinetti, di raccordi portagomma e altri accessori devono essere realizzate con raccordi misti (a giunzione capillare o meccanici sul lato tubo di rame e filettati sull'altro lato), secondo la norma **UNI EN 1254-4**.

I rubinetti per installazione fuori terra (installazioni a vista, in pozzetti e in scatole ispezionabili) devono essere, in alternativa, di ottone, di bronzo, di acciaio, di ghisa sferoidale, conformi alla norma **UNI EN 331**.

#### *69.4.3. Tubazioni in polietilene*

I raccordi e i pezzi speciali dei tubi di polietilene devono essere anch'essi in polietilene e conformi alla norma **UNI EN 1555-3**.
Per le tubazioni in polietilene si applicano le seguenti prescrizioni:
- i raccordi e i pezzi speciali delle tubazioni di polietilene devono essere anch'essi di polietilene, secondo la norma **UNI EN 1555-3**. Le giunzioni possono essere realizzate mediante saldatura per elettrofusione, secondo la norma **UNI 10521** o, in alternativa, mediante saldatura di testa per fusione a mezzo di elementi riscaldanti, secondo la norma **UNI 10520**;
- le giunzioni miste, tubo di polietilene con tubo metallico, devono essere realizzate mediante un raccordo speciale polietilene-metallo, avente estremità idonee per saldatura sul lato polietilene e per giunzione filettata o saldata sul lato metallo. In nessun caso tale raccordo speciale può sostituire il giunto dielettrico;
- le valvole per tubi di polietilene possono essere, oltre che dello stesso polietilene, anche con il corpo di ottone, di bronzo o di acciaio. In particolare, la sezione libera di passaggio non deve essere minore del 75% di quella del tubo.

Nei cambiamenti di direzione delle tubazioni in polietilene, il raggio di curvatura non deve essere minore di venti volte il diametro del tubo stesso.
I rubinetti per le tubazioni in polietilene devono essere conformi alla norma **UNI EN 331**.

### *69.5. Posa in opera*

Il percorso tra il punto di consegna e gli apparecchi utilizzatori deve essere il più breve possibile ed è ammesso:

- all'esterno dei fabbricati:
- interrato;
- in vista;
- in canaletta.
- all'interno dei fabbricati:
- in appositi alloggiamenti, in caso di edifici o locali destinati a uso civile o ad attività soggette ai controllo dei Vigili del fuoco;
- in guaina d'acciaio in caso di attraversamento di locali non ricompresi nei punti precedenti, di androni permanentemente aerati, di intercapedini, a condizione che il percorso sia ispezionabile.

Nei locali di installazione degli apparecchi il percorso delle tubazioni è consentito in vista.

Per le installazioni a servizio di locali o edifici adibiti ad attività industriali, si applicano le disposizioni previste dalle seguenti norme:

**D.M. 16 aprile 2008** - *Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e dei sistemi di distribuzione e di linee dirette del gas naturale con densità non superiore a 0,8*;

**D.M. 17 aprile 2008** - *Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8*.

### *69.5.1. Modalità di posa in opera all'esterno dei fabbricati*

#### *69.5.1.1. Posa in opera interrata*

Tutti i tratti interrati di tubazioni di acciaio devono essere provvisti di un adeguato rivestimento protettivo contro la corrosione (secondo le norme **UNI ISO 5256**, **UNI 9099** e **UNI 10191**) e isolati, mediante giunti isolanti monoblocco (secondo le norme **UNI 10284** e **UNI 10285**), da collocarsi fuori terra, in prossimità della risalita della tubazione.

Analogamente i tratti interrati di tubazioni di rame devono avere rivestimento protettivo rispondente alle prescrizioni della norma **UNI 10823**.

I tratti di tubazione privi del rivestimento protettivo contro la corrosione, posti in corrispondenza di giunzioni, curve, pezzi speciali, ecc., devono essere, prima della posa, accuratamente fasciati con bende o nastri dichiarati idonei allo scopo dal produttore.

Le tubazioni devono essere posate su un letto di sabbia lavata, di spessore minimo 100 mm, e ricoperte, per altri 100 mm, con sabbia dello stesso tipo.

È, inoltre, necessario prevedere, ad almeno 300 mm sopra le tubazioni, la posa di nastro di avvertimento di colore giallo segnale. Subito dopo l'uscita fuori terra, la tubazione deve essere segnalata con il colore giallo segnale per almeno 70 mm.

#### *69.5.1.2. Posa in opera in vista*

Le tubazioni installate in vista devono essere adeguatamente ancorate per evitare scuotimenti, vibrazioni e oscillazioni. Esse devono essere collocate in posizione tale da impedire urti e danneggiamenti e, ove necessario, adeguatamente protette.

Le tubazioni di gas di densità non superiore a 0,8 kg/m$^3$ devono essere contraddistinte con il colore giallo, continuo o in bande da 20 cm, poste ad una distanza massima di 1 m l'una dall'altra. Le altre tubazioni di gas devono essere contraddistinte con il colore giallo, a bande alternate da 20 cm di colore arancione.

All'interno dei locali serviti dagli apparecchi le tubazioni non devono presentare giunti meccanici.

#### *69.5.1.3. Posa in opera in canaletta*

Le canalette per la posa in opera di tubazioni devono essere:

- ricavate nell'estradosso delle pareti;
- rese stagne verso l'interno delle pareti nelle quali sono ricavate mediante idonea rinzaffatura di malta di cemento;
- nel caso siano chiuse, dotate di almeno due aperture di ventilazione verso l'esterno di almeno 100 cm$^2$ cadauna, poste nella parte alta e nella parte bassa della canaletta. L'apertura alla quota più bassa deve essere provvista di rete tagliafiamma e, nel caso di gas con densità superiore a 0,8 kg/m$^3$, deve essere ubicata a quota superiore del

piano di campagna;
- ad esclusivo servizio dell'impianto.

### *69.5.2. Modalità di posa in opera all'interno dei fabbricati*

#### *69.5.2.1. Posa in opera in appositi alloggiamenti*

L'installazione in appositi alloggiamenti è consentita a condizione che:
- gli alloggiamenti siano realizzati in materiale incombustibile, di resistenza al fuoco pari a quella richiesta per le pareti del locale o del compartimento attraversato e, in ogni caso, non inferiore a REI 30;
- le canalizzazioni non presentino giunti meccanici all'interno degli alloggiamenti non ispezionabili;
- le pareti degli alloggiamenti siano impermeabili ai gas;
- siano ad esclusivo servizio dell'impianto interno;
- gli alloggiamenti siano permanentemente aerati verso l'esterno con apertura alle due estremità. L'apertura di aerazione alla quota più bassa deve essere provvista di rete tagliafiamma e, nel caso di gas con densità maggiore di 0,8, deve essere ubicata a quota superiore al piano di campagna, a una distanza misurata orizzontalmente di almeno 10 m da altre aperture alla stessa quota o a una quota inferiore.

#### *69.5.2.2. Posa in opera in guaina*

Le guaine da collocare a vista devono essere:
- di acciaio di spessore minimo di 2 mm e di diametro superiore di almeno 2 cm a quello della tubazione del gas;
- dotate di almeno uno sfiato verso l'esterno. Nel caso un'estremità della guaina sia attestata verso l'interno, questa dovrà essere resa stagna verso l'interno tramite sigillatura in materiale incombustibile.

Le tubazioni non devono presentare giunti meccanici all'interno delle guaine.
Sono consentite guaine metalliche o di plastica, non propagante la fiamma, nell'attraversamento di muri o solai esterni.
Nell'attraversamento di elementi portanti orizzontali, il tubo deve essere protetto da una guaina sporgente almeno 20 mm dal pavimento e l'intercapedine fra il tubo e il tubo guaina deve essere sigillata con materiali adatti (ad esempio asfalto, cemento plastico e simili). È vietato tassativamente l'impiego di gesso.
Nel caso di androni fuori terra e non sovrastanti piani cantinati, è ammessa la posa in opera delle tubazioni sotto pavimento a condizione che siano protette da una guaina corredata di sfiati alle estremità verso l'esterno.
Nel caso di intercapedini superiormente ventilate e attestate su spazio scoperto, non è richiesta la posa in opera in guaina, purché le tubazioni siano in acciaio con giunzioni saldate.

### *69.5.3. Particolarità costruttive e divieti*

L'appaltatore, nella realizzazione degli impianti di distribuzione del gas, deve rispettare le seguenti prescrizioni:
- le tubazioni devono essere protette contro la corrosione e collocate in modo tale da non subire danneggiamenti dovuti a urti;
- è vietato l'uso delle tubazioni del gas come dispersori, conduttori di terra o conduttori di protezione di impianti e apparecchiature elettriche, telefono compreso;
- è vietata la collocazione delle tubazioni nelle canne fumarie, nei vani e cunicoli destinati a contenere servizi elettrici, telefonici, ascensori o per lo scarico delle immondizie;
- eventuali riduttori di pressione o prese libere dell'impianto interno devono essere collocati all'esterno degli edifici o, nel caso delle prese libere, anche all'interno dei locali, se destinati esclusivamente all'installazione degli apparecchi. Le prese devono essere chiuse o con tappi filettati o con sistemi equivalenti;
- è vietato l'utilizzo di tubi, rubinetti, accessori ecc., rimossi da altro impianto già funzionante;
- all'esterno dei locali di installazione degli apparecchi deve essere installata, sulla tubazione di adduzione del gas, in posizione visibile e facilmente raggiungibile, una valvola di intercettazione manuale con manovra a chiusura rapida per rotazione di 90° e arresti di fine corsa nelle posizioni di tutto aperto e di tutto chiuso;
- per il collegamento dell'impianto interno finale e iniziale (se alimentato tramite contatore), devono essere utilizzati tubi metallici flessibili continui;
- nell'attraversamento di muri, la tubazione non deve presentare giunzioni o saldature e deve essere protetta da guaina murata con malta di cemento. Nell'attraversamento di muri perimetrali esterni, l'intercapedine fra guaina

e tubazione gas deve essere sigillata con materiali adatti in corrispondenza della parte interna del locale, assicurando comunque il deflusso del gas proveniente da eventuali fughe mediante almeno uno sfiato verso l'esterno;
- è vietato l'attraversamento di giunti sismici;
- le condotte, comunque installate, devono distare almeno 2 cm dal rivestimento della parete o dal filo esterno del solaio;
- fra le condotte e i cavi o tubi di altri servizi deve essere adottata una distanza minima di 10 cm. Nel caso di incrocio, quando tale distanza minima non possa essere rispettata, deve comunque essere evitato il contatto diretto interponendo opportuni setti separatori con adeguate caratteristiche di rigidità dielettrica e di resistenza meccanica. Qualora nell'incrocio il tubo del gas sia sottostante a quello dell'acqua, esso deve essere protetto con opportuna guaina impermeabile in materiale incombustibile o non propagante la fiamma;
- è vietato collocare tubi del gas a contatto con tubazioni di adduzione dell'acqua. In prossimità degli incroci, il tubo del gas deve essere protetto con apposita guaina impermeabile e incombustibile.
Per altri riferimenti, si rimanda alle prescrizioni della norma **UNI 7129** (varie parti).

### *69.6. Gruppo di misurazione. Contatore*

Il contatore del gas può essere installato:
- all'esterno in contenitore (armadio) o nicchia aerati;
- all'interno in locale o in una nicchia, entrambi aerati direttamente dall'esterno.

### *69.7. Prova di tenuta idraulica*

La prova di tenuta idraulica (**UNI 7129**, varie parti) deve essere eseguita dal direttore dei lavori prima di mettere in servizio l'impianto interno di distribuzione del gas e di collegarlo al punto di consegna e, quindi, al contatore e agli apparecchi dell'impianto non in vista. La prova di tenuta idraulica deve essere eseguita prima della copertura della tubazione utilizzatori.
La prova dei tronchi in guaina contenenti giunzioni saldate deve essere eseguita prima del collegamento alle condotte di impianto.
In caso di perdite, le parti difettose dell'impianto di distribuzione del gas devono essere sostituite e le guarnizioni rifatte; successivamente, dovrà essere ripetuta la prova di tenuta idraulica.
All'appaltatore è vietata la riparazione delle parti difettose con mastici o altri accorgimenti.

### *69.8. Sistemi di sicurezza*

#### *69.8.1. Definizioni*

In merito ai sistemi di sicurezza si ritengono utili le seguenti definizioni.

RIVELATORE DI GAS (RG)

Dispositivo costituito da almeno un elemento sensore atto a rivelare una determinata concentrazione di gas in aria, da un dispositivo atto a generare il segnale d'allarme e da elementi per il comando a distanza di altri dispositivi. Il rilevatore di gas può contenere l'alimentatore. Quando il rivelatore di gas non è direttamente alimentato dalla rete di pubblica distribuzione dell'energia elettrica tramite alimentatore incorporato, il costruttore deve specificare l'alimentatore esterno da impiegare e indicarne tutte le caratteristiche atte a individuarlo (**UNI CEI 70028**).

APPARECCHIO DI UTILIZZAZIONE A GAS

Complesso fornito di uno o più bruciatori muniti dei rispettivi organi di regolazione.

SISTEMA DI RILEVAMENTO GAS (SRG)

Insieme composto dal rivelatore di gas (RG), dal relativo alimentatore e da tutti i dispositivi supplementari come, ad esempio, allarmi ottici o acustici lontani, ed elementi attuatori per elettrovalvole (**UNI CEI 70028**).

ORGANO DI INTERCETTAZIONE

Dispositivo atto a interrompere l'afflusso del gas in una conduttura, in seguito a segnale di comando emesso dal sistema di rilevamento gas (SRG).

LIMITE INFERIORE DI ESPLOSIVITÀ (LIE)

Minima concentrazione di gas, espressa come percentuale in volume di gas nella miscela aria-gas, al di sotto della quale, anche in presenza di un innesco, non si ha propagazione di fiamma (**UNI CEI 70028**).

SEGNALE DI ALLARME

Segnale ottico, acustico ed elettrico, emesso dal rivelatore per indicare una concentrazione di gas in aria maggiore di una soglia di intervento prestabilita (**UNI CEI 70028**).

SEGNALE DI GUASTO

Segnale ottico o acustico atto a indicare una condizione di difetto o guasto dei rivelatori di gas (RG) (**UNI CEI 70028**).

I rivelatori di gas che possono installarsi sono dei seguenti tipi:

- sensori a infrarosso, spettrometri, gas-cromatografi;
- tubi di rilevazione, basati sul cambiamento di colore provocato dalla reazione chimica fra il gas e il contenuto del tubo;
- sensore catalitico, che basa il suo funzionamento sulla variazione di temperatura prodotta dalla combustione catalitica di un rivelatore a filo di platino;
- sensore a semiconduttore, ovvero un semiconduttore sintetizzato, di tipo N, composto per la maggior parte da ossidi, che viene mantenuto a una temperatura di circa 450 °C da un elemento riscaldante. Se del gas viene assorbito, si produce uno scambio elettronico e una conseguente variazione nella resistenza dinamica del semiconduttore.

In assenza di specifiche indicazioni circa le caratteristiche dei rilevatori di gas del progetto esecutivo dell'impianto, l'appaltatore si uniformerà alle indicazioni impartite dalla direzione dei lavori.

Per i criteri di installazione e i requisiti di accettazione si rimanda alle norme **UNI CEI 70028** e al **C.M. 8 agosto 1996**, n. 162429.

### *69.8.2. Criteri tecnici di riferimento per l'installazione*

Per i criteri di installazione dei rivelatori di gas naturale o GPL, per uso domestico o similare, si fa riferimento alla norma **UNI CEI 70028.**

#### *69.8.2.1. Criteri generali*

Qualora installato, il rivelatore di gas (RG) dovrà essere posizionato nei locali in cui sono previsti uno o più apparecchi utilizzatori del gas combustibile. L'installazione del rivelatore di gas e degli organi di intercettazione non deve alterare le condizioni di sicurezza dell'impianto interno né il corretto funzionamento degli apparecchi utilizzatori del gas combustibile. Quando un rivelatore di gas viene istallato in luoghi o ambienti in cui esista un locale presidiato, esso deve essere dotato di ripetizione dei segnali ottici e acustici in tale locale. Il rivelatore di gas deve essere opportunamente collocato lontano da sorgenti di calore. Il collegamento fra i vari elementi di un sistema di rilevamento gas deve essere realizzato secondo le istruzioni fornite dal costruttore e tale da realizzare un sistema conforme alla norma **UNI CEI 70028**. Nel caso in cui più apparecchi utilizzatori siano collocati in ambienti diversi, ogni ambiente potrà essere protetto da uno o più rivelatori di gas collegati all'organo di intercettazione di cui al successivo punto. L'organo di intercettazione collegato al sistema di rilevamento gas (SRG) deve essere a riarmo manuale e installato possibilmente a valle del punto di ingresso della conduttura del gas dell'ambiente controllato oppure all'esterno e, di conseguenza, adeguatamente protetto dagli agenti atmosferici.

#### *69.8.2.2. Criteri di installazione dei rivelatori di gas naturale*

*(metano)*

Il rivelatore di gas va installato al di sopra del livello della possibile fuga di gas a circa 300 mm dal soffitto, in una posizione dove i movimenti dell'aria non siano impediti.
Il posizionamento del regolatore di gas non deve essere troppo vicino alle aperture o ai condotti di ventilazione, poiché il flusso d'aria nei loro pressi può essere intenso e diminuire localmente la concentrazione dei gas.
Il rivelatore di gas non va installato al di sopra o presso le apparecchiature a gas, poiché piccoli rilasci di gas potrebbero venire all'atto dell'accensione, causando falsi allarmi.
Per interventi immediati in caso di cedimento dei collegamenti flessibili, si rimanda alle apparecchiature previste dalle norme specifiche.

*69.8.2.3. Criteri di installazione dei rivelatori di GPL (gas di petrolio liquido)*

Il rivelatore di gas deve essere montato su una parete liscia a una altezza sul pavimento di circa 300 mm e a una distanza di non più di 4 m dalla apparecchiatura più usata. Il sito va protetto dagli urti e dai getti d'acqua durante le normali operazioni, quali, ad esempio, quelle di pulizia.
Il rivelatore di gas non va installato:
- in uno spazio chiuso (ad esempio, in un mobile o dietro un tendaggio);
- direttamente sopra un lavandino;
- vicino a una porta o una finestra;
- vicino a un ventilatore estrattore d'aria;
- in una zona dove la temperatura è al di fuori dei limiti previsti dal produttore;
- dove sporcizia e polvere possono intasare il sensore.

Per interventi immediati in caso di cedimento dei collegamenti flessibili, si rimanda alle apparecchiature previste dalle norme specifiche.

*69.9. Conformità degli apparecchi a gas*

Per gli apparecchi a gas si farà riferimento al D.P.R. 15 novembre 1996, n. 661. Secondo l'art. 6 di tale decreto i metodi per attestare la conformità degli apparecchi fabbricati in serie sono i seguenti:
- l'esame CE del tipo previsto all'allegato II, punto 1;
- prima dell'immissione in commercio, a scelta del fabbricante:
 - la dichiarazione CE di conformità al tipo, prevista dall'allegato II, punto 2;
 - la dichiarazione CE di conformità al tipo, a garanzia della qualità della produzione, prevista dall'allegato II, punto 3;
 - la dichiarazione CE di conformità al tipo, a garanzia della qualità del prodotto, prevista dall'allegato II, punto 4;
 - la verifica CE prevista dall'allegato II, punto 5.

Ogni dispositivo deve essere accompagnato da una dichiarazione del fabbricante che attesti la conformità del dispositivo alle disposizioni del regolamento a esso applicabili, nonché le caratteristiche e le condizioni di montaggio o d'inserimento in un apparecchio, in modo che risulti garantito il rispetto dei requisiti essenziali richiesti per gli apparecchi completi.

## Art. 70. **Impianti termici**

*70.1. Generalità*

Gli impianti termici possono essere alimentati a:
- combustibili gassosi (D.M. 12 aprile 1996);
- combustibili liquidi (D.M. 28 aprile 2005).

Alcuni aspetti significativi di tali decreti saranno trattati di seguito.
La centrale termica dovrà rispettare le indicazioni delle norme suddette.

### *70.2. Gli impianti termici alimentati da combustibili gassosi*

Gli impianti termici alimentati da combustibili gassosi sono impianti di nuova realizzazione e devono rispettare le prescrizioni del D.M. 12 aprile 1996. Il decreto riguarda la progettazione, la costruzione e l'esercizio dei sottoelencati impianti termici di portata termica complessiva maggiore di 35 kW (convenzionalmente, tale valore è assunto corrispondente al valore di 30.000 kcal/h indicato nelle precedenti disposizioni), alimentati da combustibili gassosi alla pressione massima di 0,5 bar:

- climatizzazione di edifici e ambienti;
- produzione centralizzata di acqua calda, acqua surriscaldata e/o vapore;
- forni da pane e altri laboratori artigiani;
- lavaggio biancheria e sterilizzazione;
- cucine e lavaggio stoviglie.

Più apparecchi termici alimentati a gas, di seguito denominati *apparecchi*, installati nello stesso locale o in locali direttamente comunicanti, sono considerati come facenti parte di un unico impianto, di portata termica pari alla somma delle portate termiche dei singoli apparecchi. All'interno di una singola unità immobiliare adibita a uso abitativo, ai fini del calcolo della portata termica complessiva, non concorrono gli apparecchi domestici di portata termica singola non superiore a 35 kW, quali gli apparecchi di cottura alimenti, le stufe, i caminetti, i radiatori individuali, gli scaldacqua unifamiliari, gli scaldabagno e i lavabiancheria.

#### *70.2.1. Termini, definizioni e tolleranze dimensionali*

Ai fini delle presenti disposizioni si applicano i termini, le definizioni e le tolleranze dimensionali approvati con il **D.M. 30 novembre 1983**. Inoltre, si definiscono:

- apparecchio di tipo A: apparecchio previsto per non essere collegato a un condotto o a uno speciale dispositivo per l'evacuazione dei prodotti della combustione all'esterno del locale di installazione;
- apparecchio di tipo B: apparecchio previsto per essere collegato a un condotto o a un dispositivo di evacuazione dei prodotti della combustione verso l'esterno. L'aria comburente è prelevata direttamente dall'ambiente dove l'apparecchio è collocato;
- apparecchio di tipo C: apparecchio con circuito di combustione a tenuta, che consente l'alimentazione di aria comburente al bruciatore con prelievo diretto dall'esterno e contemporaneamente assicura l'evacuazione diretta all'esterno di prodotti della combustione;
- condotte aerotermiche: condotte per il trasporto di aria trattata e/o per la ripresa dell'aria degli ambienti serviti e/o dell'aria esterna da un generatore d'aria calda;
- condotte del gas: insieme di tubi, curve, raccordi e accessori uniti fra loro per la distribuzione del gas. Le condotte oggetto della presente regola tecnica sono comprese in una dalle seguenti specie definite dai decreti:
- **D.M. 16 aprile 2008** - *Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e dei sistemi di distribuzione e di linee dirette del gas naturale con densità non superiore a 0,8*;
- **D.M. 17 aprile 2008** - *Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8.*
- gas combustibile: ogni combustibile che è allo stato gassoso alla temperatura di 15 °C e alla pressione assoluta di 1013 mar, come definito nella norma **UNI EN 437**;
- generatore di aria calda a scambio diretto: apparecchio destinato al riscaldamento dell'aria mediante produzione di calore in una camera di combustione con scambio termico attraverso pareti dello scambiatore, senza fluido intermediario, in cui il flusso dell'aria è mantenuto da uno o più ventilatori;
- impianto interno: complesso delle condotte compreso tra il punto di consegna del gas e gli apparecchi utilizzatori (questi esclusi);
- impianto termico: complesso dell'impianto interno, degli apparecchi e degli eventuali accessori destinato alla produzione di calore;
- modulo a tubo radiante: apparecchio destinato al riscaldamento di ambienti mediante emanazione di calore per irraggiamento, costituito da un'unità monoblocco composta dal tubo o dal circuito radiante, dall'eventuale riflettore e relative staffe di supporto, dall'eventuale scambiatore, dal bruciatore, dal ventilatore, dai dispositivi di sicurezza, dal pannello di programmazione e controllo, dal programmatore e dagli accessori relativi;
- locale esterno: locale ubicato su spazio scoperto, anche in adiacenza all'edificio servito, purché strutturalmente separato e privo di pareti comuni. Sono considerati locali esterni anche quelli ubicati sulla copertura piana

dell'edificio servito, purché privo di pareti comuni;
- locale fuori terra: locale il cui piano di calpestio è a quota non inferiore a quello del piano di riferimento;
- locale interrato: locale in cui l'intradosso del solaio di copertura è a quota inferiore a + 0,6 m al di sopra del piano di riferimento;
- locale seminterrato: locale che non è definibile né fuori terra né interrato;
- piano di riferimento: piano della strada pubblica o privata o dello spazio scoperto sul quale è attestata la parete nella quale sono realizzate le aperture di aerazione;
- portata termica nominale: quantità di energia termica assorbita nell'unità di tempo dall'apparecchio, dichiarata dal costruttore, espressa in kilowatt (kW);
- pressione massima di esercizio: pressione massima relativa del combustibile gassoso alla quale può essere esercito l'impianto interno;
- punto di consegna del gas: punto di consegna del combustibile gassoso individuato in corrispondenza:
- del raccordo di uscita del gruppo di misurazione;
- del raccordo di uscita della valvola di intercettazione, che delimita la porzione di impianto di proprietà dell'utente, nel caso di assenza del gruppo di misurazione;
- del raccordo di uscita del riduttore di pressione della fase gassosa nel caso di alimentazione da serbatoio.
- serranda tagliafuoco: dispositivo di otturazione ad azionamento automatico destinato a interrompere il flusso dell'aria nelle condotte aerotermiche e a garantire la compartimentazione antincendio per un tempo prestabilito;
- nastro radiante: apparecchio destinato al riscaldamento di ambienti mediante emanazione di calore per irraggiamento, costituito da un'unità termica e da un circuito di condotte radianti per la distribuzione del calore stesso.

L'unità termica è composta da un bruciatore, da un ventilatore-aspiratore, da una camera di combustione, da una camera di ricircolo, dal condotto di espulsione fumi, dai dispositivi di controllo e sicurezza, dal pressostato differenziale ed eventualmente dal termostato di sicurezza positiva a riarmo manuale.
Le condotte radianti, la cui temperatura superficiale massima deve essere minore di 300 °C, devono essere realizzate con materiale resistente alle alte temperature e isolate termicamente nella parte superiore e laterale e devono essere a tenuta ed esercite costantemente in depressione.
Tali condotte aerotermiche sono parte integrante dell'apparecchio.

### *70.2.2. I locali di installazione*

Riguardo ai locali di installazione degli apparecchi per il riscaldamento, il **D.M. 12 aprile 1996** definisce (figura 81.1):
- locale esterno: locale ubicato su spazio scoperto, anche in adiacenza all'edificio servito, purché strutturalmente separato e privo di pareti comuni. Sono considerati locali esterni anche quelli ubicati sulla copertura piana dell'edificio servito, purché privo di pareti comuni;
- locale fuori terra: locale il cui piano di calpestio è a quota non inferiore a quello del piano di riferimento;
- locale interrato: locale in cui l'intradosso del solaio di copertura è a quota inferiore a + 0,6 m al di sopra del piano di riferimento;
- locale seminterrato: locale che non è definibile né fuori terra né interrato;
- piano di riferimento: piano della strada pubblica o privata o dello spazio scoperto sul quale è attestata la parete nella quale sono realizzate le aperture di aerazione.

### *70.2.3. Impianto elettrico*

L'impianto elettrico deve essere realizzato in conformità alla legge 1° marzo 1968, n. 186, e tale conformità deve essere attestata secondo le procedure previste dal **D.M. 22 gennaio 2008, n. 37**.
L'interruttore generale a servizio dei locali deve essere installato all'esterno dei locali stessi, in posizione segnalata e facilmente accessibile. Negli altri casi deve essere collocato lontano dall'apparecchio utilizzatore, in posizione segnalata e facilmente raggiungibile e accessibile.

NORME DI RIFERIMENTO

**CEI 64-8**;

**CEI 31-30**;
**CEI 31-33**;
**CEI 31- 34**;
**Guida CEI 64-50**;
**Guida CEI 31-35**;
**Guida CEI 31-35/A**.

- alimentazione a gas:
**CEI 31-30**;
**CEI 31-33**;
**CEI 31-34**;
**Guida CEI 31-35**;
**Guida CEI 31-35/A**.

*70.2.4. Mezzi di estinzione degli incendi*

In prossimità di ciascun apparecchio e/o serbatoio fuori terra, deve essere installato, in posizione segnalata e facilmente raggiungibile, un estintore portatile avente carica nominale non minore di 6 kg e capacità estinguente non inferiore a 21A-113B.
Gli impianti termici con portata termica complessiva installata superiore a 1160 kW devono essere protetti da un estintore carrellato a polvere avente carica nominale non minore di 50 kg e capacità estinguente pari ad A-B1.

*70.2.5. Segnaletica di sicurezza*

La segnaletica di sicurezza deve essere conforme al **D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81** e **al D.M. 14 giugno 1989, n. 236,** e deve richiamare l'attenzione sui divieti e sulle limitazioni imposti, nonché segnalare la posizione della valvola esterna di intercettazione e dell'interruttore elettrico generale.

*70.3. Coibentazione delle reti di distribuzione dei fluidi caldi*

Le tubazioni delle reti di distribuzione dei fluidi caldi in fase liquida o vapore degli impianti termici, ai sensi dell'allegato B del D.P.R. n. 412/1993, devono essere coibentate con materiale isolante il cui spessore minimo è fissato dalla tabella 81.10, in funzione del diametro della tubazione espresso in mm e della conduttività termica utile del materiale isolante espressa in W/m °C alla temperatura di 40 °C.

**Tabella 81.10. Conduttività termica utile dell'isolante e diametro esterno della tubazione**

| Conduttività termica utile dell'isolante (W/m °C) | Diametro esterno della tubazione (mm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | < 20 | Da 20 a 39 | Da 40 a 59 | Da 60 a 79 | Da 80 a 99 | > 100 |
| 0,030 | 13 | 19 | 26 | 33 | 37 | 40 |
| 0,032 | 14 | 21 | 29 | 36 | 40 | 44 |
| 0,034 | 15 | 23 | 31 | 39 | 44 | 48 |
| 0,036 | 17 | 25 | 34 | 43 | 47 | 52 |
| 0,038 | 18 | 28 | 37 | 46 | 51 | 56 |
| 0,040 | 20 | 30 | 40 | 50 | 55 | 60 |
| 0,042 | 22 | 32 | 43 | 54 | 59 | 64 |
| 0,044 | 24 | 35 | 46 | 58 | 63 | 69 |
| 0,046 | 26 | 38 | 50 | 62 | 68 | 74 |
| 0,048 | 28 | 41 | 54 | 66 | 72 | 79 |
| 0,050 | 30 | 44 | 58 | 71 | 77 | 84 |

Per valori di conduttività termica utile dell'isolante differenti da quelli indicati in tabella 81.10, i valori minimi dello spessore del materiale isolante sono ricavati per interpolazione lineare dei dati riportati nella tabella stessa.
I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti al di qua dell'isolamento termico dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato, e i relativi spessori minimi dell'isolamento che risultano dalla tabella 81.10 vanno

moltiplicati per 0,5.
Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati, gli spessori di cui alla tabella 81.10 vanno moltiplicati per 0,3.
Nel caso di tubazioni preisolate con materiali o sistemi isolanti eterogenei o quando non sia misurabile direttamente la conduttività termica del sistema, le modalità di installazione e i limiti di coibentazione sono fissati da norme tecniche UNI di seguito meglio indicate.
Il materiale isolante deve essere applicato in maniera uniforme senza variazioni di spessore o strozzature con particolare attenzione alle curve, i raccordi, le saracinesche e quant'altro possa costituire ponte termico.
I canali dell'aria calda per la climatizzazione invernale posti in ambienti non riscaldati devono essere coibentati con uno spessore di isolante non inferiore agli spessori indicati nella tabella 81.10, per tubazioni di diametro esterno da 20 a 39 mm.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 5634** - *Sistemi di identificazione delle tubazioni e canalizzazioni convoglianti fluidi*;
**UNI 6665** - *Superficie coibentate. Metodi di misurazione*;
**UNI EN 14114** - *Prestazioni igrotermiche degli impianti degli edifici e delle installazioni industriali. Calcolo della diffusione del vapore acqueo. Sistemi di isolamento per le tubazioni fredde*.

### *70.4. Sistema di termoregolazione*

Il sistema termoregolazione e contabilizzazione è previsto dall'art. 7 del D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412.
Negli impianti termici centralizzati adibiti al riscaldamento ambientale per una pluralità di utenze, qualora la potenza nominale del generatore di calore o quella complessiva dei generatori di calore sia uguale o superiore a 35 kW, è prescritta l'adozione di un gruppo termoregolatore dotato di programmatore che consenta la regolazione della temperatura ambiente almeno su due livelli a valori sigillabili nell'arco delle 24 ore. Il gruppo termoregolatore deve essere pilotato da una sonda termometrica di rilevamento della temperatura esterna. La temperatura esterna e le temperature di mandata e di ritorno del fluido termovettore devono essere misurate con un'incertezza non superiore a ± 2 °C.
Il sistema di termoregolazione di cui sopra, può essere dotato di un programmatore che consenta la regolazione su un solo livello di temperatura ambiente, qualora in ogni singola unità immobiliare sia effettivamente installato e funzionante un sistema di contabilizzazione del calore e un sistema di termoregolazione pilotato da una o più sonde di misura della temperatura ambiente dell'unità immobiliare e dotato di programmatore che consenta la regolazione di questa temperatura almeno su due livelli nell'arco delle 24 ore.
Gli impianti termici per singole unità immobiliari, destinati, anche se non esclusivamente, alla climatizzazione invernale devono essere parimenti dotati di un sistema di termoregolazione pilotato da una o più sonde di misura della temperatura ambiente con programmatore che consenta la regolazione di questa temperatura su almeno due livelli di temperatura nell'arco delle 24 ore.
Al fine di non determinare sovrariscaldamento nei singoli locali di un'unità immobiliare per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni, è opportuna l'installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi.
Nel caso di installazione in centrale termica di più generatori di calore, il loro funzionamento deve essere attivato in maniera automatica in base al carico termico dell'utenza.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 7939-1** - *Terminologia per la regolazione automatica degli impianti di benessere. Impianti di riscaldamento degli ambienti*;
**UNI 9577** - *Termoregolatori d'ambiente a due posizioni (termostati d'ambiente). Requisiti e prove*;
**UNI EN 12098-1** - *Regolazioni per impianti di riscaldamento. Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti di riscaldamento ad acqua calda*.

### *70.5. Camini e canali da fumi*

### *70.5.1. Caratteristiche dei camini*

I camini devono rispettare le prescrizioni del **D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**.

1. Ogni impianto termico civile di potenza termica nominale superiore al valore di soglia deve disporre di uno o più camini tali da assicurare un'adeguata dispersione in atmosfera dei prodotti della combustione.
2. Ogni camino deve avere, al di sotto dell'imbocco del primo canale da fumo, una camera di raccolta di materiali solidi ed eventuali condense, di altezza sufficiente a garantire una completa rimozione dei materiali accumulati e l'ispezione dei canali. Tale camera deve essere dotata di un'apertura munita di sportello di chiusura a tenuta d'aria realizzato in materiale incombustibile.
3. I camini devono garantire la tenuta dei prodotti della combustione e devono essere impermeabili e termicamente isolati. I materiali utilizzati per realizzare i camini devono essere adatti a resistere nel tempo alle normali sollecitazioni meccaniche, al calore e all'azione dei prodotti della combustione e delle loro eventuali condense. In particolare tali materiali devono essere resistenti alla corrosione. La sezione interna dei camini deve essere di forma circolare, quadrata o rettangolare, con rapporto tra i lati non superiore a 1,5.
4. I camini che passano entro locali abitati o sono incorporati nell'involucro edilizio devono essere dimensionati in modo tale da evitare sovrappressioni durante l'esercizio.
5. L'afflusso di aria nei focolari e l'emissione degli effluenti gassosi possono essere attivati dal tiraggio naturale dei camini o da mezzi meccanici.
6. Più generatori di calore possono essere collegati allo stesso camino soltanto se fanno parte dello stesso impianto termico. In questo caso, i generatori di calore dovranno immettere in collettori dotati, ove necessario, ciascuno di propria serranda di intercettazione, distinta dalla valvola di regolazione del tiraggio. Camino e collettore dovranno essere dimensionati secondo la regola dell'arte.
7. Gli impianti installati o che hanno subito una modifica relativa ai camini successivamente all'entrata in vigore della parte quinta del presente decreto, devono essere dotati di camini realizzati con prodotti su cui sia stata apposta la marcatura CE. In particolare, tali camini devono:
- essere realizzati con materiali incombustibili;
- avere andamento verticale e il più breve e diretto possibile tra l'apparecchio e la quota di sbocco;
- essere privi di qualsiasi strozzatura in tutta la loro lunghezza;
- avere pareti interne lisce per tutta la lunghezza;
- garantire che siano evitati fenomeni di condensa;
- essere adeguatamente distanziati, mediante intercapedine d'aria o isolanti idonei, da materiali combustibili o facilmente infiammabili;
- avere angoli arrotondati con raggio non minore di 20 mm, se di sezione quadrata o rettangolare;
- avere un'altezza correlata alla sezione utile secondo gli appropriati metodi di calcolo riportati dalla normativa tecnica vigente (norme UNI e norme CEN). Resta salvo quanto stabilito ai punti 9 e 10.

8. Le bocche possono terminare con comignoli di sezione utile d'uscita non inferiore al doppio della sezione del camino, conformati in modo da non ostacolare il tiraggio e favorire la dispersione dei fumi nell'atmosfera.
9. Le bocche dei camini devono essere posizionate in modo tale da consentire un'adeguata evacuazione e dispersione dei prodotti della combustione e da evitare la reimmissione degli stessi nell'edificio attraverso qualsiasi apertura. A tal fine, le bocche dei camini devono risultare più alte di almeno un metro rispetto al colmo dei tetti, ai parapetti e a qualunque altro ostacolo o struttura distante meno di dieci metri.
10. Le bocche dei camini situati a distanza compresa fra 10 e 50 metri da aperture di locali abitati devono essere a quota non inferiore a quella del filo superiore dell'apertura più alta.
11. La parete interna del camino deve risultare per tutto il suo sviluppo, a eccezione del tronco terminale emergente dalla copertura degli edifici, sempre distaccata dalle murature circostanti e deve essere circondata da una controcanna continua formante intercapedine, per consentire la normale dilatazione termica. Sono ammessi nell'intercapedine elementi distanziatori o di fissaggio necessari per la stabilità del camino.

NORME DI RIFERIMENTO

**D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**, parte V, allegato IX;

**UNI 10640** - *Canne fumarie collettive ramificate per apparecchi di tipo B a tiraggio naturale. Progettazione e verifica*;

**UNI 10641** - *Canne fumarie collettive e camini a tiraggio naturale per apparecchi a gas di tipo C con ventilatore*

*nel circuito di combustione. Progettazione e verifica*.

### *70.5.2. Canali da fumo*

I canali da fumo devono rispettare le prescrizioni del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152.
I canali da fumo degli impianti termici devono avere in ogni loro tratto un andamento suborizzontale ascendente con pendenza non inferiore al 5%. I canali da fumo al servizio di impianti di potenzialità uguale o superiore a 1.000.000 di kcal/h possono avere pendenza non inferiore al 2%.
La sezione dei canali da fumo deve essere, in ogni punto del loro percorso, sempre non superiore del 30% alla sezione del camino e non inferiore alla sezione del camino stesso.
Per quanto riguarda la forma, le variazioni e i raccordi delle sezioni dei canali da fumo e le loro pareti interne devono essere osservate le medesime norme prescritte per i camini.
I canali da fumo devono essere costituiti con strutture e materiali aventi le medesime caratteristiche stabilite per i camini.
I canali da fumo devono avere, per tutto il loro sviluppo, un efficace e duraturo rivestimento coibente tale che la temperatura delle superfici esterne non sia in nessun punto mai superiore a 50 °C. È ammesso che il rivestimento coibente venga omesso in corrispondenza dei giunti di dilatazione e degli sportelli d'ispezione dei canali da fumo, nonché dei raccordi metallici con gli apparecchi di cui fanno parte i focolari.
I raccordi tra i canali da fumo e gli apparecchi di cui fanno parte i focolari devono essere esclusivamente metallici, rimovibili con facilità e avere spessore non inferiore a 1/100 del loro diametro medio, nel caso di materiali ferrosi comuni e spessore adeguato, nel caso di altri metalli.
Sulle pareti dei canali da fumo devono essere predisposte aperture per facili ispezioni e pulizie a intervalli non superiori a dieci metri e una a ogni testata di tratto rettilineo. Le aperture dovranno essere munite di sportelli di chiusura a tenuta d'aria, formati con doppia parete metallica.
Nei canali da fumo dovrà essere inserito un registro, qualora gli apparecchi di cui fanno parte i focolari non possiedano propri dispositivi per la regolazione del tiraggio.
Al fine di consentire con facilità rilevamenti e prelevamenti di campioni, devono essere predisposti sulle pareti dei canali da fumo due fori, uno del diametro di 50 mm e uno del diametro di 80 mm, con relative chiusure metalliche, in vicinanza del raccordo con ciascun apparecchio di cui fa parte un focolare.
La posizione dei fori rispetto alla sezione e alle curve o raccordi dei canali deve rispondere alle stesse prescrizioni date per i fori praticati sui camini.

NORMA DI RIFERIMENTO
**D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**, parte V, allegato IX.

### *70.5.3. Dispositivi accessori per camini e canali da fumo. Depuratori di fumo*

I dispositivi accessori per camini e canali da fumo devono rispettare le prescrizioni del **D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**.
È vietato l'uso di qualunque apparecchio o impianto di trattamento dei fumi funzionante secondo ciclo a umido che comporti lo scarico, anche parziale, delle sostanze derivanti dal processo adottato, nelle fognature pubbliche o nei corsi di acqua.
Gli eventuali dispositivi di trattamento possono essere inseriti in qualunque punto del percorso dei fumi, purché l'ubicazione ne consenta la facile accessibilità da parte del personale addetto alla conduzione degli impianti e a quello preposto alla loro sorveglianza.
L'adozione dei dispositivi di cui sopra non esime dall'osservanza di tutte le prescrizioni contenute nel regolamento di cui al **D.Lgs. n. 152/2006**.
Gli eventuali dispositivi di trattamento, per quanto concerne le altezze di sbocco, le distanze, le strutture, i materiali e le pareti interne, devono rispondere alle medesime norme stabilite per i camini.
Il materiale che si raccoglie nei dispositivi suddetti deve essere periodicamente rimosso e smaltito secondo la normativa vigente in materia di rifiuti.
Tutte le operazioni di manutenzione e di pulizia devono potersi effettuare in modo tale da evitare qualsiasi accidentale dispersione del materiale raccolto.

NORME DI RIFERIMENTO
**D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**, parte V, allegato IX;
**UNI 7550** - *Requisiti delle acque per generatori di vapore e relativi impianti di trattamento*;
**UNI 8065** - *Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile*.

### *70.5.4. Apparecchi indicatori*

Gli impianti termici devono essere dotati degli apparecchi indicatori di cui appresso, allo scopo di consentire il rilevamento dei principali dati caratteristici relativi alla conduzione dei focolari.
Un termometro indicatore della temperatura dei fumi deve essere installato stabilmente alla base di ciascun camino. Le indicazioni del termometro, nel caso di focolari, aventi potenzialità superiore a un milione di kcal/h, devono essere registrate con apparecchio a funzionamento continuo.
Devono essere installati due apparecchi misuratori delle pressioni relative (riferite a quella atmosferica), che regnano rispettivamente nella camera di combustione e alla base del camino, per ciascun focolare di potenzialità superiore a un milione di kcal/h.
Un apparecchio misuratore della concentrazione volumetrica percentuale dell'anidride carbonica ($CO_2$) nonché dell'ossido di carbonio e dell'idrogeno ($CO + H_2$) contenuti nei fumi deve essere inserito in un punto appropriato del loro percorso. In sostituzione dell'apparecchio misuratore della concentrazione dell'ossido di carbonio e dell'idrogeno, può essere adottato un apparecchio misuratore dell'ossigeno in eccesso o anche un indicatore dell'opacità dei fumi. È richiesta un'apparecchiatura composta dei due dispositivi, come sopra specificato, solamente per ogni focolare di potenzialità superiore a 1.000.000 di kcal/h. Essa deve essere integrata con un dispositivo di allarme acustico riportato in un punto riconosciuto idoneo all'atto del collaudo dell'impianto termico. Le indicazioni di questi apparecchi, nel caso di focolari aventi potenzialità superiore a due milioni di kcal/h, devono essere registrate in maniera continua.
I dati forniti dagli apparecchi indicatori a servizio degli impianti termici aventi potenzialità superiore a 5.000.000 di kcal/h, anche se costituiti da un solo focolare, devono essere riportati su di un quadro raggruppante i ripetitori e i registratori delle misure, situato in un punto riconosciuto idoneo per una lettura agevole da parte del personale addetto alla conduzione, al collaudo dell'impianto termico.
Tutti gli apparecchi indicatori, ripetitori e registratori delle misure devono essere installati in maniera stabile e devono essere tarati e riconosciuti idonei con il collaudo del relativo impianto termico e con ogni successivo controllo.

NORMA DI RIFERIMENTO
**D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**, parte V, allegato IX.

## *70.6. Sistemi di espansione*

Nel circuito dell'impianto deve essere previsto un sistema per tenere conto dell'aumento di volume dell'acqua per effetto del riscaldamento. Tale sistema è costituito dal vaso di espansione, che può essere chiuso o aperto.

### *70.6.1. Vaso di espansione aperto*

Il vaso di espansione aperto deve essere costituito da un recipiente adeguato, in ferro zincato, fibrocemento, dotato di coperchio collocato nella parte più alta dell'impianto e allacciato alla rete di distribuzione mediante:
- tubo di sfogo, per mantenere la pressione atmosferica all'interno del vaso;
- tubo di sicurezza, in funzione della potenza nominale della caldaia e della sua lunghezza virtuale, per trasferire al vaso gli aumenti progressivi di volume del fluido entro il circuito. La lunghezza virtuale del tubo di sicurezza è data dallo sviluppo del tubo fino alla sezione di scarico del tubo di sfogo, aumentata della lunghezza equivalente del tubo per tenere conto delle perdite di carico concentrate. Il tubo di sicurezza deve avere diametro interno minimo di 18 mm. Il tubo di sicurezza deve partire dalla caldaia e scaricare sopra il vaso di espansione;
- tubo di raccordo installato nella parte superiore del vaso, eventualmente dotato di saracinesca per le operazioni di manutenzione, però da mantenere aperta durante il funzionamento dell'impianto;
- tubo di troppo-pieno, per scaricare il volume di acqua in eccesso dovuto a varie cause. Il condotto deve essere

collocato in posizione visibile;
- tubo di alimentazione automatica, per ripristinare il volume del fluido perso per evaporazione o attraverso il troppo-pieno.
Il vaso di espansione aperto deve essere dotato di alimentazione automatica con valvola a galleggiante, per garantire circa 100 mm di acqua all'interno del serbatoio, quando il sistema è freddo. Il volume utile d'espansione, alla temperatura massima di regime, deve posizionarsi a circa 50 mm dal tubo di troppo-pieno.
Il vaso di espansione *n* deve essere collocato direttamente sulla distribuzione di mandata o di ritorno ovvero secondo le indicazioni impartite dalla direzione dei lavori. I vasi di espansione installati all'esterno devono essere opportunamente protetti dal gelo.

**Tabella 81.11. Diametri minimi del tubo di sicurezza in funzione della lunghezza virtuale**

| Lunghezza virtuale (m) | Diametro interno (mm) |
|---|---|
| 50 40-60 60-80 80-100 | 18 25 32 40 |

*70.6.2. Vaso di espansione chiuso*

Il vaso di espansione chiuso è costituito da un recipiente chiuso, di cui una parte del volume interno è occupata dall'acqua e l'altra dall'aria. Esso può essere:
- a membrana e, in questo caso, i volumi di gas e d'acqua sono separati da una membrana;
- senza membrana autopressurizzato e, in questo caso, i volumi d'aria e d'acqua non sono separati da membrana;
Il vaso di espansione chiuso può essere collocato in qualsiasi parte dell'impianto.

*70.7. Unità terminali a convenzione naturale*

*70.7.1. Radiatori*

I radiatori (ghisa, acciaio, alluminio) conformi alle prescrizioni contrattuali devono essere installati a distanza non inferiore a 5 cm dalla parete e a 10-12 cm da pavimenti o davanzali di finestre, al fine di consentire una buona circolazione dell'aria e la facile pulizia e manutenzione.
La porzione di parete alle spalle del radiatore deve essere realizzata con idoneo strato di materiale isolante.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI 8464** - *Valvole per radiatori. Prescrizioni e prove*;
**UNI EN 442-1** - *Radiatori e convettori. Specifiche tecniche e requisiti*;
**UNI EN 442-2** - *Radiatori e convettori. Metodi di prova e valutazione*;
**UNI EN 442-3** - *Radiatori e convettori.Valutazione della conformità*;
**UNI EN 215-1** - *Valvole termostatiche per radiatori. Requisiti e metodi di prova.*

*70.7.2. Piastre radianti*

Le piastre radianti sono costituite da piastre metalliche saldate fra di loro in modo da costituire una serie di condotti entro i quali circola il fluido scaldante. Il riscaldamento dell'aria avviene per convenzione naturale.
Per l'installazione valgono le stesse considerazioni dei radiatori.

*70.7.3. Tubi alettati*

I tubi alettati entro cui circola il fluido scaldante possono essere collocati a vista o entro appositi contenitori protettivi in lamiera opportunamente sagomata.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 442-1** - *Radiatori e convettori. Specifiche tecniche e requisiti*;
**UNI EN 442-2** - *Radiatori e convettori. Metodi di prova e valutazione*;
**UNI EN 442-3** - *Radiatori e convettori.Valutazione della conformità.*

*70.7.4. Termoconvettori*

I termoconvettori sono dei corpi scaldati composti da tubi alettati, all'interno dei quali circola il fluido scaldante. L'aria fredda attraverso delle aperture entra dal basso e fuoriesce dall'alto, per effetto del movimento

ascensionale dovuto alla differenza di temperatura dell'aria stessa.

NORME DI RIFERIMENTO
**UNI EN 442-1** - *Radiatori e convettori. Specifiche tecniche e requisiti*;
**UNI EN 442-2** - *Radiatori e convettori. Metodi di prova e valutazione*;
**UNI EN 442-3** - *Radiatori e convettori.Valutazione della conformità.*

### *70.7.5. Pannelli radianti*

I pannelli radianti sono costituiti da una serpentina di tubo (acciaio, rame, materiali plastici) entro cui circola il fluido scaldante.
I pannelli radianti devono essere collocati:
- a parete;
- a pavimenti, inseriti nel sottofondo o in apposita intercapedine;
- a soffitto, collocati nell'intradosso del solaio.

In tutti i casi, devono essere collocati in posizione orizzontale, per evitare la formazione di sacche di gas che possano ostacolare la circolazione del fluido scaldante.
Nei pannelli radianti a pavimento bisogna:
- prevedere giunti e fughe nelle pavimentazioni per consentire le prevedibili dilatazioni termiche senza danni;
- ricoprire i tubi con caldana di spessore sufficiente.

Il massetto entro cui sono alloggiati i tubi del fluido scaldante deve essere privo di bolle d'aria tra malta e tubazione. Le pavimentazioni devono essere del tipo a bassa resistenza termica per non limitare l'efficacia dei pannelli radianti.
Sopra o sotto lo strato di alloggiamento dei tubi deve essere posto uno strato di isolante termico, per evitare la propagazione del calore verso altri ambienti con diversa destinazione o a svantaggio rispetto a quelli interessati.
Il direttore dei lavori potrà impartire altre indicazioni in merito all'installazione dei pannelli radianti, qualora non espressamente indicate nel progetto esecutivo.

## *70.8. Verifiche e prove*

### *70.8.1. Verifiche preliminari e prove*

Gli impianti di riscaldamento devono essere collaudati con verifiche e prove preliminari da effettuarsi in contraddittorio con l'impresa appaltatrice prima dell'ultimazione delle opere murarie, al fine di potere meglio intervenire nei casi di non corretto funzionamento o di risultato negativo delle prove.
Un primo controllo è quello di constatare che i materiali forniti o impiegati per la costruzione dell'impianto corrispondano alle prescrizioni contrattuali.
Successivamente, si procederà alle prove vere e proprie per la verifica dell'impianto secondo la norma **UNI 5634** e precisamente:
- prova idraulica di circolazione dell'acqua fredda, preferibilmente da effettuarsi per tratti durante l'esecuzione dell'impianto e, in ogni caso, ad impianto ultimato;
- prova preliminare di circolazione, di tenuta e di dilatazione con fluidi scaldanti e/o raffreddanti;
- prova di dilatazione termica del contenuto dell'acqua nell'impianto. La prova viene effettuata stabilendo prima il valore della temperatura di prova del tipo di impianto e degli elementi scaldanti. Per gli impianti a vapore si stabilisce, invece, il valore della pressione;
- prova di dilatazione termica dei materiali metallici dell'impianto. La prova ha come obiettivo quello di valutare soprattutto la dilatazione delle tubazioni, per verificare la presenza di eventuali perdite nei giunti o di deformazioni permanenti con danni eventualmente di tipo estetico per le pareti degli ambienti.

Per gli impianti ad acqua calda, la verifica viene effettuata portando a 90 °C la temperatura dell'acqua nelle caldaie e mantenendola il tempo necessario per l'accurata ispezione di tutto il complesso delle condutture e dei corpi scaldanti.
L'ispezione si deve iniziare quando la rete abbia raggiunto lo stato di regime col suindicato valore massimo di 90 °C.
Il risultato della prova si ritiene positivo solo quando in tutti i corpi scaldanti l'acqua arrivi alla temperatura

stabilita, quando le dilatazioni non abbiano dato luogo a fughe o deformazioni permanenti e quando il vaso di espansione contenga a sufficienza tutta la variazione di volume dell'acqua dell'impianto.
L'ispezione si deve iniziare quando la rete abbia raggiunto lo stato di regime col suindicato valore massimo della pressione nella caldaia. Il risultato della prova si ritiene positivo solo quando il vapore arrivi ai corpi scaldanti alla temperatura corrispondente alla pressione prevista e quando le dilatazioni non abbiano dato luogo a fughe o deformazioni permanenti.

### *70.8.2. Tempi di collaudo*

Il collaudo definitivo degli impianti di riscaldamento o condizionamento invernale dovrà essere eseguito durante la prima stagione invernale successiva all'ultimazione per lavori.
In genere, per gli impianti di condizionamento il collaudo sarà effettuato durante un periodo di un anno a decorrere dalla data di ultimazione dei lavori per tutti i periodi stagionali nei quali è previsto che l'impianto debba funzionare.
È fondamentale che l'impianto sia stato messo in funzione per almeno due mesi prima del collaudo.

### *70.8.3. Verifica delle caratteristiche dei locali*

Prima delle operazioni di collaudo definitivo, tutti gli ambienti devono rispettare le condizioni normali di abitabilità. Pertanto, devono essere dotati di infissi esterni e interni, con le caratteristiche costruttive di progetto e, durante le prove, dovranno essere perfettamente chiusi.

### *70.8.4. Misura del valore della temperatura esterna*

Per la validità delle operazioni di collaudo, è necessario che il valore della temperatura esterna media ($t'_e$) non risulti troppo discordante da quella prevista negli elaborati progettuali.
Il valore della temperatura esterna media deve essere misurato, alle ore 6 del mattino del giorno o dei singoli giorni del collaudo, a nord e a 200 cm dal muro dell'edificio, con termometro schermato e posizionato in modo tale da non essere influenzato da condizioni esterne.
Per temperatura esterna media $t'_e$ si intende il valore dell'ordinata media del diagramma di registrazione giornaliera della temperatura. In pratica, il valore di $t'_e$ è ottenuto come media aritmetica delle letture delle temperature massima e minima, misurate alle ore 8 e alle ore 19. Il direttore dei lavori potrà prevedere la misurazione della temperatura alle ore 6 del mattino del giorno della prova.

### *70.8.5. Misura del valore della temperatura interna. Sfasamento tra le misurazioni delle temperature esterna e interna*

Il valore della temperatura interna $t_i$ deve essere misurato nella parte centrale dell'ambiente e ad un'altezza di 150 cm dal pavimento. Lo strumento non deve essere influenzato da fonti di calore o effetti radianti. Per gli ambienti di grandi dimensioni, la misura della temperatura in °C viene effettuata in più punti e sempre a un'altezza di 150 cm dal pavimento, assumendo il valore dato dalla media aritmetica delle misure eseguite.
In caso di uso di termometri registratori, il valore della temperatura media sarà dato dall'ordinata media del grafico di registrazione giornaliera della temperatura.
Sui valori della temperatura interna media sono ammesse tolleranze comprese tra - 1 e + 2 °C rispetto alle temperature di contratto. In particolare, per i locali che siano soggetti all'irradiazione solare o ad altre eventuali addizioni o sottrazioni di calore, si potranno ammettere tolleranze maggiori fino a due gradi in più o in meno.
Nel caso di molti ambienti, si prenderanno in considerazione soltanto i più importanti e imprenscindibili.
È importante, durante le operazioni di verifica, che gli ambienti siano riscaldati uniformemente.
La temperatura dei locali deve essere misurata dopo che è trascorsa almeno un'ora dalla chiusura delle finestre e, nel caso di pannelli radianti collocati nel soffitto o su di esso o nella parte alta delle pareti, almeno un'ora e mezzo dopo la chiusura.
È da tener presente che, in una qualunque ora del giorno, per la parte d'impianto a funzionamento continuo si potranno tenere aperte le finestre per 15 minuti.
Fa eccezione il riscaldamento degli ambienti con aerotermi.
Per la valutazione dello sfasamento tra il periodo di rilievo delle temperature esterna e interna e la durata del rilievo della temperatura esterna, può farsi riferimento all'appendice B della norma **UNI 5364**.

**Tabella 81.12. Durata del rilievo della temperatura esterna**

| Caratteristiche della parete esterna | Tipo/spessore totale della parete esterna (m) | Capacità termica media | | Durata del rilievo della temperatura esterna (ore) | Intervallo tra la fine del rilievo della temperatura esterna e l'inizio del rilievo della temperatura interna (ore) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | kcal/℃ m $^2$ | kJ/K · m$^2$ | | |
| Vetro Vetro Laterizio Laterizio Laterizio Laterizio Laterizio con camera d'aria Laterizio con camera d'aria | Semplice Doppio 0,05÷0,15 0,16÷0,25 0,26÷0,35 0,36÷0,45 0,46÷0,55 0,25÷0,35 0,36÷0,45 | 1,8 2,5 35 70 105 140 175 35 55 | 7,5 10 146 293 440 586 733 146 230 | 3 6 12 24 24 24 24 24 24 | 0 0 3 6 12 24 48 4 6 |

Per pareti aventi caratteristiche costruttive diverse, si dovrà calcolare la capacità calorifica media e, in base al confronto con i valori della tabella 81.12, si avrà la durata del rilievo e lo sfasamento tra la fine del rilievo della temperatura esterna e l'inizio del rilievo della temperatura interna.

### *70.8.6. Misura della temperatura media di mandata e di ritorno dell'acqua*

La temperatura di mandata dell'acqua è quella riferita alla temperatura dell'acqua di andata, misurata in corrispondenza del tubo di uscita dal generatore o collettore di uscita in caso di caldaie in parallelo.
La temperatura di ritorno è la temperatura misurata in corrispondenza del tubo di ritorno o collettore di ritorno in caso di caldaie in parallelo.
Le suddette temperature, solitamente riferite a valori medi sulla base di diverse letture effettuate nel corso della giornata, devono essere misurate con appositi termometri schermati e posizionati in modo tale da non risultare influenzati da condizioni esterne.

### *70.8.7. Verifica del generatore di calore*

#### *70.8.7.1. Limiti delle emissioni*

L'art. 286 del **D.Lgs. n. 152/2006** stabilisce che le emissioni in atmosfera degli impianti termici civili di potenza termica nominale superiore al valore di soglia devono rispettare i valori limite previsti dalla parte III dell'allegato IX alla parte quinta dello stesso decreto.
I valori di emissione degli impianti devono essere controllati almeno annualmente dal responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto nel corso delle normali operazioni di controllo e manutenzione. I valori misurati, con l'indicazione delle relative date, dei metodi di misura utilizzati e del soggetto che ha effettuato la misura, devono essere allegati al libretto di centrale previsto dal D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412. Tale controllo annuale dei valori di emissione non è richiesto nei casi previsti dalla parte III, sezione 1 dell'allegato IX alla parte quinta del D.Lgs. n. 152/2006. Al libretto di centrale devono essere allegati, altresì, i documenti che attestano l'espletamento delle manutenzioni necessarie a garantire il rispetto dei valori limite di emissione previste dalla denuncia di installazione.
Ai fini del campionamento, dell'analisi e della valutazione delle emissioni degli impianti termici, si applicano i metodi previsti nella parte III dell'allegato IX alla parte quinta del D.Lgs. n. 152/2006, di seguito riportati.
Il comma 4 del citato art. 286 ha disposto che, con decorrenza dal termine di 180 giorni dalla data di entrata in vigore della parte quinta del D.Lgs. n. 152/2006, l'installatore, contestualmente all'installazione o alla modifica dell'impianto, deve verificare il rispetto dei valori limite di emissione previsti dallo stesso articolo.

*Valori di emissione*

*Sezione 1 - Valori limite per gli impianti che utilizzano i combustibili diversi da biomasse e da biogas*

Gli impianti termici civili che utilizzano i combustibili previsti dall'allegato X diversi da biomasse e biogas

devono rispettare, nelle condizioni di esercizio più gravose, un valore limite di emissione per le polveri totali pari a 50 mg/$Nm^3$ riferito a un'ora di funzionamento, esclusi i periodi di avviamento, arresto e guasti. Il tenore volumetrico di ossigeno nell'effluente gassoso anidro è pari al 3% per i combustibili liquidi e gassosi e pari al 6% per i combustibili solidi. I valori limite sono riferiti al volume di effluente gassoso secco rapportato alle condizioni normali.
I controlli annuali dei valori di emissione di cui all'art. 286, comma 2, non sono richiesti se l'impianto utilizza i combustibili di cui all'allegato X, parte I, sezione II, paragrafo I, lettere a), b), c), d), e) o i) e se sono regolarmente eseguite le operazioni di manutenzione previste dal D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412.

*Sezione 2 - Valori limite per gli impianti che utilizzano biomasse*

Gli impianti termici che utilizzano biomasse di cui all'allegato X D.Lgs. n. 152/2006 devono rispettare i seguenti valori limite di emissione, riferiti a un'ora di funzionamento dell'impianto nelle condizioni di esercizio più gravose, esclusi i periodi di avviamento, arresto e guasti. Il tenore di ossigeno di riferimento è pari all'11% in volume nell'affluente gassoso anidro. I valori limite sono riferiti al volume di effluente gassoso secco rapportato alle condizioni normali.

| | |
|---|---|
| POTENZA TERMICA NOMINALE DELL'IMPIANTO (MW) | > 0,15÷< 1 |
| POLVERI TOTALI | 100 mg/$Nm^3$ |
| CARBONIO ORGANICO TOTALE (COT) | - |
| MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) | 350 mg/$Nm^3$ |
| OSSIDI DI AZOTO (ESPRESSI COME $NO_2$) | 500 mg/$Nm^3$ |
| OSSIDI DI ZOLFO (ESPRESSI COME $SO_2$) | 200 mg/$Nm^3$ |

*Sezione 3 - Valori limite per gli impianti che utilizzano biogas*

Gli impianti che utilizzano biogas di cui all'allegato X del D.Lgs. n. 152/2006 devono rispettare i valori limite di emissione indicati nei punti seguenti, espressi in mg/$Nm^3$ e riferiti a un'ora di funzionamento dell'impianto nelle condizioni di esercizio più gravose, esclusi i periodi di avviamento, arresto e guasti. I valori limite sono riferiti al volume di affluente gassoso secco rapportato alle condizioni normali.
Per i motori a combustione interna i valori limite di emissione, riferiti a un tenore volumetrico di ossigeno pari al 5% nell'effluente gassoso anidro, sono quelli di seguito riportati.

| | |
|---|---|
| POTENZA TERMICA NOMINALE DELL'IMPIANTO | $\leq$ 3 MW |
| CARBONIO ORGANICO TOTALE (COT) | 150 mg/$Nm^3$ |
| MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) | 800 mg/$Nm^3$ |
| OSSIDI DI AZOTO (ESPRESSI COME $NO_2$) | 500 mg/$Nm^3$ |
| COMPOSTI INORGANICI DEL CLORO SOTTO FORMA DI GAS O VAPORI (COME HCL) | 10 mg/$Nm^3$ |

Per le turbine a gas fisse i valori limite di emissione, riferiti a un tenore volumetrico di ossigeno pari al 15%, nell'effluente gassoso anidro, sono quelli di seguito riportati.

| | |
|---|---|
| POTENZA TERMICA NOMINALE DELL'IMPIANTO | $\leq$ 3 MW |
| CARBONIO ORGANICO TOTALE (COT) | - |
| MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) | 100 mg/$Nm^3$ |
| OSSIDI DI AZOTO (ESPRESSI COME $NO_2$) | 150 mg/$Nm^3$ |
| COMPOSTI INORGANICI DEL CLORO SOTTO FORMA DI GAS O VAPORI (COME HCI) | 5 mg/$Nm^3$ |

Per le altre tipologie di impianti di combustione i valori limite di emissione, riferiti a un tenore volumetrico di ossigeno pari al 3%, nell'affluente gassoso anidro, sono quelli di seguito riportati.

| | |
|---|---|
| POTENZA TERMICA NOMINALE DELL'IMPIANTO | $\leq$ 3 MW |
| CARBONIO ORGANICO TOTALE (COT) | 150 mg/ $Nm^3$ |
| MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) | 300 mg/$Nm^3$ |
| OSSIDI DI AZOTO (ESPRESSI COME $NO_2$) | 30 mg/$Nm^3$ |
| COMPOSTI INORGANICI DEL CLORO SOTTO FORMA DI GAS O VAPORI (COME HCI) | 30 mg/$Nm^3$ |

*Sezione 4 - Metodi di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni*

Per il campionamento, l'analisi e la valutazione delle emissioni previste dalle sezioni precedenti si applicano i metodi contenuti nelle seguenti norme tecniche e nei relativi aggiornamenti:
**UNI EN 1911-1** - *Emissioni da fonte fissa. Metodo manuale per la determinazione dell'HCl. Campionamento dei gas*;
**UNI EN 1911-2** - *Emissioni da fonte fissa. Metodo manuale per la determinazione dell'HCl. Assorbimento dei composti gassosi*;
**UNI EN 1911-3** - *Emissioni da fonte fissa. Metodo manuale per la determinazione dell'HCl. Analisi delle soluzioni di assorbimento e calcoli*;
**UNI EN 13284-1** - *Emissioni da sorgente fissa. Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni. Metodo manuale gravimetrico*;
**UNI EN 12619** - *Emissioni da sorgente fissa. Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa a basse concentrazioni in effluenti gassosi. Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma*;
**UNI EN 13526** - *Emissioni da sorgente fissa. Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa in effluenti gassosi provenienti da processi che utilizzano solventi. Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma*;
**UNI 10393** - *Misure alle emissioni. Determinazione del biossido di zolfo nei flussi gassosi convogliati. Metodo strumentale con campionamento estrattivo diretto*;
**UNI EN 15058** - *Emissioni da sorgente fissa. Determinazione della concentrazione in massa di monossido di carbonio (CO). Metodo di riferimento: spettrometria a infrarossi non dispersiva*;
**UNI 9970** - *Misure alle emissioni. Determinazione degli ossidi di azoto in flussi gassosi convogliati. Metodo all'acido fenoldisolfonico.*
Per la determinazione delle concentrazioni delle polveri, le norme tecniche di cui sopra non si applicano nelle parti relative ai punti di prelievo.
Per la determinazione delle concentrazioni di ossidi di azoto, monossido di carbonio, ossidi di zolfo e carbonio organico totale, è consentito anche l'utilizzo di strumenti di misura di tipo elettrochimico.
Per gli impianti di cui alla sezione 2 o alla sezione 3, in esercizio alla data di entrata in vigore del D.Lgs. n. 152/2006, possono essere utilizzati i metodi in uso ai sensi della normativa previgente.

*70.8.7.2. Misura della temperatura dei fumi*

Al fine di agevolare analisi e campionamenti, devono essere predisposti alla base del camino due fori allineati sull'asse del camino con relativa chiusura a tenuta. In caso di impianti con potenza termica nominale superiore a 580 kW, due identici fori devono essere predisposti anche alla sommità dei camini in posizione accessibile per le verifiche. La distanza di tali fori dalla bocca non deve essere inferiore a cinque volte il diametro medio della sezione del camino e comunque a 1,50 m. In ogni caso, i fori devono avere un diametro idoneo a garantire l'effettiva realizzazione di analisi e campionamenti.
I fori alla base del camino devono trovarsi in un tratto rettilineo del camino e a distanza non inferiore a cinque volte la dimensione minima della sezione retta interna, da qualunque cambiamento di direzione o di sezione. Qualora esistano impossibilità tecniche di praticare i fori alla base del camino alla distanza stabilita, questi

possono essere praticati alla sommità del camino con distanza minima dalla bocca di 1,5 m in posizione accessibile per le verifiche.

NORMA DI RIFERIMENTO
**D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152**, parte V, allegato IX.

*70.8.7.3. Rendimento della combustione*

La direzione dei lavori, con la messa in esercizio dell'impianto dovrà verificare il rendimento del generatore di calore e la valutazione della perdita del calore sensibile per kg di combustibile.

## Art. 71. **Impianti elettrici**

*71.1. Qualità dei materiali e marcatura dei materiali*

I materiali e gli apparecchi relativi agli impianti elettrici devono essere rispondenti alle prescrizioni progettuali e devono avere le caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche e all'umidità, alle quali potranno essere esposti durante l'esercizio.
I componenti elettrici previsti da specifiche direttive europee devono riportare il marchio CE.

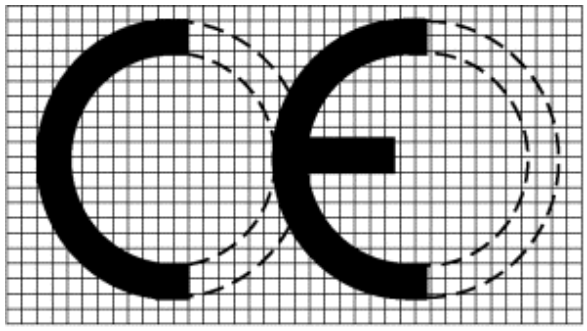

**Figura 83.1**
**Marchio CE**

I componenti elettrici previsti dalla legge n. 791/1977 e per i quali esista una specifica norma, possono essere muniti di marchio IMQ o di altro marchio di conformità (rilasciato da un laboratorio riconosciuto o da organismi competenti) oppure di dichiarazione di conformità alla norma rilasciata dal costruttore.

**Figura 83.2**
**Marchio IMQ**

I componenti elettrici non previsti dalla legge n. 791/1977 o senza norme di riferimento dovranno essere comunque conformi alla legge n. 186/1968.
Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI

e la lingua italiana.

NORME DI RIFERIMENTO

I materiali elettrici devono essere conformi alle leggi e regolamenti vigenti, in particolare:

**Legge 1° marzo 1968, n. 186** - *Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici*;

**Legge 18 ottobre 1977, n. 791** - *Attuazione della direttiva del Consiglio delle Comunità europee (n. 72/23/CEE) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione*;

**D.M. 10 aprile 1984** - *Disposizioni per la prevenzione e l'eliminazione dei radiodisturbi provocati dagli apparecchi di illuminazione per lampade fluorescenti muniti di starter*;

**Legge 9 gennaio 1989, n. 13** - *Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati*;

**Legge 17 aprile 1989, n. 150** - *Attuazione della direttiva 82/130/CEE e norme transitorie concernenti la costruzione e la vendita di materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera esplosiva*;

**D.M. 14 giugno 1989, n. 236** - *Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche*;

**Legge 5 marzo 1990, n. 46** - *Norme per la sicurezza degli impianti*;

**D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447** - *Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti*;

**D.M. 22 febbraio 1992** - *Modello di dichiarazione di conformità*;

**D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246** - *Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione*;

**D.Lgs. 25 novembre 1996, n. 626** - *Attuazione della direttiva 93/68/CEE, in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione*;

**D.P.R. 30 aprile 1999, n. 162** - *Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio*;

**D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462** - *Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi*;

**D.M. 10 marzo 2005** - *Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio*;

**D.M. 15 marzo 2005** - *Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo*;

**D.M. 28 aprile 2005** - *Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili liquidi*;

**D.M. 22 gennaio 2008, n. 37** - *Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici*.

*71.2. Oneri specifici per l'appaltatore*

L'appaltatore ha l'obbligo di fornire depliant e, ove possibile, campioni di almeno tre marche di ogni componente dell'impianto, per consentire la scelta al direttore dei lavori.

Per i corpi illuminanti, l'appaltatore dovrà fornire appositi campioni, da conservare in appositi locali. I materiali non accettati dovranno essere sostituiti e allontanati dal cantiere.

L'appaltatore dovrà curare gli impianti elettrici fino alla conclusione del collaudo tecnico-amministrativo o all'emissione del certificato di regolare esecuzione, prevenendo eventuali danneggiamenti durante l'esecuzione dei lavori.

Le eventuali difformità degli impianti rispetto alle prescrizioni progettuali esecutive dovranno essere segnalate tempestivamente al direttore dei lavori.

L'appaltatore dovrà fornire al direttore dei lavori tutta la documentazione integrativa per l'aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

### *71.3. Modalità di esecuzione degli impianti elettrici*

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni contrattuali e la corretta tecnica da personale adeguato alla tipologia degli impianti, addestrato e dotato delle necessarie attrezzature.
Gli impianti elettrici devono essere realizzati in conformità alla legge n. 186 del 1° marzo 1968.
La rispondenza alle vigenti norme di sicurezza deve essere attestata con la procedura di cui al **D.M. 22 gennaio 2008**, **n. 37**.
Al termine dell'esecuzione degli impianti l'appaltatore dovrà rilasciare l'apposito certificato di conformità dell'impianto, come previsto dal D.M. n. 37/2008.

### *71.4. Cavi e conduttori*

#### *71.4.1. Definizioni*

Si premettono le seguenti definizioni:
- con il termine *cavo* si indicano tutti i tipi di cavo con o senza rivestimento protettivo;
- con il termine *condutture* si indicano i prodotti costituiti da uno o più cavi e dagli elementi che ne assicurano il contenimento, il sostegno, il fissaggio e la protezione meccanica.

In relazione al tipo di funzione nella rete di alimentazione, le condutture in partenza dal quadro generale B.T. nella rete di distribuzione, si possono suddividere nelle seguenti categorie:
- condutture di distribuzione attraverso montante, a sviluppo prevalentemente verticale;
- condutture di distribuzione attraverso dorsali, a sviluppo prevalentemente orizzontale;
- condutture di distribuzione diretta agli utilizzatori.

#### *71.4.2. Tipologie*

I cavi delle linee di energia possono essere dei seguenti tipi:
- tipo A: cavi con guaina per tensioni nominali con *Uo*/*U* = 300/500, 450/750 e 0,6/1 Kv;
- tipo B: cavi senza guaina per tensione nominale *Uo*/*U* = 450/750 V;
- tipo C: cavi con guaina resistenti al fuoco;
- tipo D: cavi con tensioni nominali *Uo*/*U* = 1,8/3 - 3,6/6 - 6/10 - 8,7/15 - 12/20 - 18/30 - 26/45 kV.

#### *71.4.3. Distinzione dei cavi attraverso i colori*

I cavi per energia elettrica devono essere distinguibili attraverso la colorazione delle anime e attraverso la colorazione delle guaine esterne.
Per la sequenza dei colori delle anime (fino a un massimo di cinque) dei cavi multipolari flessibili e rigidi, rispettivamente con e senza conduttore di protezione, si deve fare riferimento alla norma **CEI UNEL 00722 (HD 308)**.
Per tutti i cavi unipolari senza guaina sono ammessi i seguenti monocolori: nero, marrone, rosso, arancione, giallo, verde, blu, viola, grigio, bianco, rosa, turchese. Per i cavi unipolari con e senza guaina deve essere utilizzata la combinazione:
- bicolore giallo/verde per il conduttore di protezione;
- colore blu per il conduttore di neutro.

Per i circuiti a corrente continua si devono utilizzare i colori rosso (polo positivo) e bianco (polo negativo).
Per la colorazione delle guaine esterne dei cavi di bassa e media tensione in funzione della loro tensione nominale e dell'applicazione, si deve fare riferimento alla norma **CEI UNEL 00721**.
Nell'uso dei colori devono essere rispette le seguenti regole:
- il bicolore giallo-verde deve essere riservato ai conduttori di protezione e di equipotenzialità;
- il colore blu deve essere riservato al conduttore di neutro. Quando il neutro non è distribuito, l'anima di colore blu di un cavo multipolare può essere usata come conduttore di fase. In tal caso, detta anima deve essere contraddistinta, in corrispondenza di ogni collegamento, da fascette di colore nero o marrone;
- sono vietati i singoli colori verde e giallo.

*71.4.4. Comportamento al fuoco*

I cavi elettrici, ai fini del comportamento al fuoco, possono essere distinti nelle seguenti categorie:
- cavi non propaganti la fiamma, conformi alla norma **CEI 20-35 (EN 60332)**, che tratta la verifica della non propagazione della fiamma di un cavo singolo in posizione verticale;
- cavi non propaganti l'incendio, conformi alla norma **CEI 20-22 (EN 50266)**, che tratta la verifica della non propagazione dell'incendio di più cavi raggruppati a fascio e in posizione verticale, in accordo alla quantità minima di materiale non metallico combustibile prescritta dalla parte 2 (10 kg/m oppure 5 kg/m) o dalla parte 3 (1,5 l/m);
- cavi non propaganti l'incendio a bassa emissione di fumi opachi, gas tossici e corrosivi LS0H, rispondenti alla norma **CEI 20-22 (EN 50266)** per la non propagazione dell'incendio e alle norme **CEI 20-37 (EN 50267** e **EN 61034)** per quanto riguarda l'opacità dei fumi e le emissioni di gas tossici e corrosivi;
- cavi LS0H resistenti al fuoco conformi alle norme della serie **CEI 20-36 (EN 50200- 50362**), che tratta la verifica della capacità di un cavo di assicurare il funzionamento per un determinato periodo di tempo durante l'incendio. I cavi resistenti al fuoco sono anche non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi opachi gas tossici e corrosivi.

L'appaltatore deve utilizzare esclusivamente cavi non propaganti l'incendio e a bassissima emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi anche nelle situazioni installative non obbligatoriamente previste dalla norme.

*71.4.5. Posa in opera delle condutture*

Per la scelta del tipo di cavo in relazione alle condizioni ambientali e di posa, ai fini di una corretta installazione si rimanda alle indicazioni delle norme **CEI 11-17**, **CEI 20-40**, **CEI 20- 67** E **20-XX** (in preparazione).
La posa in opera delle condutture può essere in:
- tubo, ovvero costituita da cavi contenuti in un tubo protettivo, il quale può essere incassato, in vista o interrato;
- canale, ovvero costituita da cavi contenuti entro un contenitore prefabbricato con coperchio;
- vista, nella quale i cavi sono fissati a parete o soffitto per mezzo di opportuni elementi (per esempio, graffette o collari);
- condotto, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità lisce o continue ottenute dalla costruzione delle strutture murarie o entro manufatti di tipo edile prefabbricati o gettati in opera;
- cunicolo, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità o altro passaggio non praticabile con chiusura mobile;
- su passerelle, ovvero costituita da cavi contenuti entro un sistema continuo di elementi di sostegno senza coperchio;
- galleria, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità o altro passaggio praticabile.

*71.4.6. Prescrizioni relative a condutture di impianti particolari*

I cavi di alimentazione dei circuiti di sicurezza devono essere indipendenti da altri circuiti.
I cavi dei circuiti a SELV devono essere installati conformemente a quanto indicato negli art. 411.1.3.2 e 528.1.1 della norma **CEI 64-8**.
I cavi dei circuiti FELV possono essere installati unitamente ai cavi di energia.
I cavi di circuiti separati, derivati o meno dal trasformatore di isolamento devono essere indipendenti da altri circuiti.

*71.4.7. Norme di riferimento generali e per tipologie dei cavi*

I cavi e le condutture per la realizzazione delle reti di alimentazione degli impianti elettrici utilizzatori devono essere conformi alle seguenti norme:

a) requisiti generali:

**CEI-UNEL 00722** - *Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali Uo/U non superiori a 0,6/1 kV*;
**CEI UNEL 00721** - *Colori di guaina dei cavi elettrici*;
**CEI UNEL 00725-(EN 50334)** - *Marcatura mediante inscrizione per l'identificazione delle anime dei cavi elettrici*;

**CEI-UNEL 35024-1** - *Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria*;
**CEI-UNEL 35024-**2 - *Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e a 1500 in c.c. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria*;
**CEI-UNEL 35026** - *Cavi di energia per tensione nominale U sino ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico. Portate di corrente in regime permanente. Posa in aria e interrata*;
**CEI UNEL 35027** - *Cavi di energia per tensione nominale U superiore ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico. Portate di corrente in regime permanente. Generalità per la posa in aria e interrata;*
**CEI 16-1** - *Individuazione dei conduttori isolati*;
**CEI 20-21 (serie)** - *Cavi elettrici. Calcolo della portata di corrente*;
**CEI 11-17** - *Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo*;
**CEI 20-40 (HD 516)** - *Guida per l'uso di cavi a bassa tensione;*
**CEI 20-67** - *Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV*;
**CEI 20-XX** - *Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di media tensione*.

b) cavi tipo A (I categoria) = cavi con guaina per tensioni nominali *Uo*/*U* = 300/500, 450/750 e 0,6/1 kV:

**CEI 20-13** - *Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV*;
**CEI-UNEL 35375** - *Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa. Tensione nominale Uo/U: 0,6 / 1 k*V;
**CEI-UNEL 35376** - *Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari e multipolari con conduttori rigidi. Tensione nominale Uo/U: 0,6/ 1 kV*;
**CEI-UNEL 35377** - *Cavi per comandi e segnalazioni isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo. Tensione nominale Uo/U: 0,6 / 1 kV*;
**CEI UNEL 35382** - *Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni. Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa con o senza schermo (treccia o nastro). Tensione nominale $U_0$/U: 0,6/1 kV - LSOH*;
**CEI UNEL 35383** - *Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni*.

c) cavi unipolari e multipolari con conduttori rigidi. Tensione nominale $U_0/U$: 0,6/1 kV - LSOH:

**CEI UNEL 35384** - *Cavi per comandi e segnalamento in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni - Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa, con o senza schermo (treccia o nastro) - Tensione nominale $U_0$/U: 0,6/1 kV - LSOH*;
**CEI 20-14** - *Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 a 3 kV*;
**CEI-UNEL 35754** - *Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari rigidi con o senza schermo, sotto guaina di PVC. Tensione nominale $U_0$/U: 0,6 / 1 kV*;
**CEI-UNEL 35755** - *Cavi per comandi e segnalamento isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo, sotto guaina di PVC. Tensione nominale Uo/U: 0,6/1 kV*;
**CEI-UNEL 35756** - *Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo, sotto guaina di PVC. Tensione nominale $U_0$/U: 0,6/1 kV*;
**CEI-UNEL 35757** - *Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari per posa fissa con conduttori flessibili, sotto guaina di PVC. Tensione nominale $U_0$/U:*

*0,6 / 1 kV*;
**CEI 20-19** - *Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V*;
**CEI 20-20** - *Cavi isolati in PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V*;
**CEI 20-38** - *Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. LSOH*;
**CEI-UNEL 35369** - *Cavi per energia isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale 0,6 / 1 kV. LSOH*;
**CEI-UNEL 35370** - *Cavi per energia isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi con conduttori rigidi. Tensione nominale 0,6 / 1 kV. LSOH*;
**CEI-UNEL 35371** - *Cavi per comandi e segnalazioni, isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa. Tensione nominale 0,6/1 kV. LSOH*;
**IMQ CPT 007** - *Cavi elettrici per energia e per segnalamento e controllo isolati in PVC, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas alogenidrici. Tensione nominale di esercizio 450/750 e 300/500 V - FROR 450/750 V*;
**IMQ CPT 049** - *Cavi per energia e segnalamento e controllo isolati con mescola termoplastica non propaganti l'incendio e esenti da alogeni (LSOH). Tensione nominale $U_0/U$ non superiore a 450/750 V - FM9OZ1 - 450/750 V - LSOH.*

d) cavi tipo B = cavi senza guaina per tensione nominale $U_0/U$ = 450/750 V:

**CEI 20-20/3** - *Cavi isolati con PVC con tensione nominale non superiore a 450/750 V. Cavi senza guaina per posa fissa*;
**CEI-UNEL 35752** - *Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale $U_0/U$: 450/750 V*;
**CEI-UNEL 35753** - *Cavi per energia isolati con PVC non propaganti l'incendio. Cavi unipolari senza guaina con conduttori rigidi. Tensione nominale $U_0/U$: 450/750 V*;
**CEI-UNEL 35368** - *Cavi per energia isolati con mescola elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale $U_0/U$: 450/750 V*;
**IMQ CPT 035** - *Cavi per energia isolati con mescola termoplastica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Tensione nominale $U_0/U$ non superiore a 450/750 V*;

e) cavi tipo C = cavi resistenti al fuoco:
**CEI 20-39** - *Cavi per energia ad isolamento minerale e loro terminazioni con tensione nominale non superiore a 750 V*;
**CEI 20-45** - *Cavi isolati con mescola elastomerica, resistenti al fuoco, non propaganti l'incendio, senza alogeni (LSOH) con tensione nominale $U_0/U$ di 0,6/1 kV. LSOH.*

f) cavi tipo D (II categoria) = cavi con tensioni nominali $U_0/U$ = 1,8/3 - 3,6/6 - 6/10 - 8,7/15 - 12/20 - 18/30 - 26/45 kV:
**CEI 20-13** - *Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV*;
**IEC 60502** - *IEC 60502-1, Ed. 2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV).*

### *71.4.8. Norme di riferimento per il comportamento al fuoco*

**CEI EN 60332 (CEI 20-35)** - *Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio. Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato*;
**CEI EN 50266 (CEI 20-22)** - *Metodi di prova comuni per cavi in condizioni di incendio. Prova di propagazione della fiamma verticale di fili o cavi montati verticalmente a fascio*;
**CEI EN 50267 (CEI 20-37)** - *Metodi di prova comuni per cavi in condizione di incendio. Prove sui gas emessi*

*durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi*;
**CEI EN 61034 (CEI 20-37)** - *Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite*.

### *71.4.9. Sezioni minime dei conduttori*

Il dimensionamento dei conduttori attivi (fase e neutro) deve essere effettuato in modo da soddisfare soprattutto le esigenze di portata e resistenza ai corto circuiti e i limiti ammessi per caduta di tensione. In ogni caso, le sezioni minime non devono essere inferiori a quelle di seguito specificate:
- conduttori di fase: 1,5 $mm^2$ (rame) per impianti di energia;
- conduttori per impianti di segnalazione: 0,5 $mm^2$ (rame);
- conduttore di neutro: deve avere la stessa sezione dei conduttori di fase, sia nei circuiti monofase, qualunque sia la sezione dei conduttori, sia nei circuiti trifase, quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore o uguale a 16 $mm^2$. Il conduttore di neutro, nei circuiti trifase con conduttori di sezione superiore a 16 $mm^2$, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase, se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:
- la corrente massima, comprese le eventuali armoniche, che si prevede possa percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario, non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro;
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 $mm^2$.
- conduttori di protezione: devono avere sezioni di: ……
Se il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttura dei conduttori attivi, la sezione minima deve essere:
- 2,5 $mm^2$ (rame) se protetto meccanicamente;
- 4 $mm^2$ (rame) se non protetto meccanicamente.
Per il conduttore di protezione di montanti o dorsali (principali), la sezione non deve essere inferiore a 6 $mm^2$.
- conduttore di terra:
- protetto contro la corrosione ma non meccanicamente e non inferiore a 16 $mm^2$ in rame o ferro zincato;
- non protetto contro la corrosione e non inferiore a 25 $mm^2$ (rame) oppure 50 $mm^2$ (ferro);
- protetto contro la corrosione e meccanicamente: in questo caso le sezioni dei conduttori di terra non devono essere inferiori ai valori della tabella **CEI-UNEL 3502**. Se dall'applicazione di questa tabella risulta una sezione non unificata, deve essere adottata la sezione unificata più vicina al valore calcolato.
- conduttore PEN (solo nel sistema TN): non inferiore a 10 $mm^2$ (rame);
- conduttori equipotenziali principali: non inferiori a metà della sezione del conduttore di protezione principale dell'impianto, con un minimo di 6 $mm^2$ (rame). Non è richiesto che la sezione sia superiore a 25 $mm^2$ (rame);
- conduttori equipotenziali supplementari:
- fra massa e massa, non inferiore alla sezione del conduttore di protezione minore;
- fra massa e massa estranea, sezione non inferiore alla metà dei conduttori di protezione;
- fra due masse estranee o massa estranea e impianto di terra non inferiore a 2,5 $mm^2$ (rame) se protetto meccanicamente, e a 4 $mm^2$ (rame) se non protetto meccanicamente.
Questi valori minimi si applicano anche al collegamento fra massa e massa, e fra massa e massa estranea.

## *71.5. Tubazioni e accessori per installazioni elettriche*

Tutte le tubazioni di protezione dei cavi elettrici dovranno essere di tipo flessibile in PVC nella serie pesante antischiacciamento, di tipo e caratteristiche contemplate nelle vigenti norme UNEL e CEI.
In generale, i sistemi di protezione dei cavi devono essere scelti in base a criteri di resistenza meccanica e alle sollecitazioni che si possono verificare sia durante la posa sia durante l'esercizio.

### *71.5.1. Posa in opera in generale e in condizioni particolari*

L'installazione o posa in opera delle tubazioni di protezione potrà essere del tipo:
- a vista;
- sottotraccia nelle murature o nei massetti delle pavimentazioni;
- annegamento nelle strutture in calcestruzzo prefabbricate;
- interramento (**CEI EN 50086-2-4**).

In condizioni particolari, devono essere rispettate le seguenti norme e materiali:
- sottotraccia nelle pareti o in murature:
- PVC flessibile leggero (**CEI 23-14**);
- PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**).
- sottotraccia nel massetto delle pavimentazioni:
- PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**);
- PVC rigido pesante (**CEI 23-8**).
- tubo da collocare in vista (ambienti ordinari):
- PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**);
- PVC rigido pesante (**CEI 23-8**);
- tubo PVC rigido filettato (**CEI 23-25** e **CEI 23-26**);
- guaine guida cavi (**CEI 23-25**).
- tubo da collocare in vista (ambienti speciali):
- PVC rigido pesante (**CEI 23-8**);
- in acciaio (**CEI 23-28**);
- in acciaio zincato (**UNI 3824-74**);
- tubo PVC rigido filettato (**CEI 23-25** e **CEI 23-26**);
- guaine guida cavi (**CEI 23-25**).
- tubo da interrare:
- PVC rigido pesante (**CEI 23-8**);
- PVC flessibile pesante (**CEI 23-14**);
- cavidotti (**CEI 23-29**);
- guaine guida cavi (**CEI 23-25**).

Il tracciato dei tubi protettivi sulle pareti deve avere un andamento rettilineo orizzontale o verticale. Nel caso di andamento orizzontale, deve essere prevista una minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi.
Le tubazioni sottotraccia dovranno essere collocate in maniera tale che il tubo venga a trovarsi totalmente incassato ad almeno 2 cm dalla parete finita. I tubi, prima della ricopertura con malta cementizia, dovranno essere saldamente fissati sul fondo della scanalatura e collocati in maniera tale che non siano totalmente accostati, in modo da realizzare un interstizio da riempire con la malta cementizia.

### *71.5.2. Maggiorazione del diametro interno dei tubi*

Il diametro interno dei tubi per consentire variazioni impiantistiche deve:
- negli ambienti ordinari: essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto ai cavi che deve contenere, con un minimo di 10 mm;
- negli ambienti speciali: essere almeno 1,4 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto ai cavi che devono essere contenuti, con un minimo di 16 mm.

### *71.5.3. Componenti del sistema di canalizzazione*

Il sistema di canalizzazione, per ogni tipologia, deve prevedere i seguenti componenti:

a) sistemi di canali metallici e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi:
- canale;
- testata;
- giunzioni piana lineare;
- deviazioni;
- derivazione;
- accessori complementari;
- elementi di sospensione;
- elementi di continuità elettrica.

b) sistemi di canali in materiale plastico isolante e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi:
- canale;
- testata;
- giunzioni piana lineare;
- deviazioni;
- derivazione;
- accessori complementari;
- elementi di sospensione.

c) sistemi di canali in materiale plastico isolante e loro accessori a uso battiscopa:
- canale battiscopa portacavi;
- canale cornice per stipite;
- giunzioni piana lineare;
- deviazione:
- angolo;
- terminale.

d) sistemi di condotti a sezione non circolare in materiale isolante sottopavimento:
- condotto;
- elementi di giunzione;
- elementi di derivazione;
- elementi di incrocio;
- cassette e scatole a più servizi;
- torrette.

e) sistemi di passerelle metalliche e loro accessori a uso portacavi:
- canale;
- testata;
- giunzioni piana lineare;
- deviazioni;
- derivazione;
- accessori complementari;
- elementi di sospensione;
- elementi di continuità elettrica.

### *71.5.4. Indicazioni per la sicurezza dei canali metallici e loro accessori*

Il sistema di canali metallici e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi deve prevedere le seguenti misure di sicurezza:
- i coperchi dei canali e degli accessori devono essere facilmente asportabili per mezzo di attrezzi (**CEI 64-8**);
- il canale e le scatole di smistamento e derivazione a più vie devono poter garantire la separazione di differenti servizi;
- le masse dei componenti del sistema devono potersi collegare affidabilmente al conduttore di protezione e deve essere garantita la continuità elettrica dei vari componenti metallici del sistema.

### *71.5.5. Indicazioni per la sicurezza in materiale plastico isolante e loro accessori*

Il sistema di canali in materiale plastico e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi deve prevedere le seguenti misure di sicurezza:
- i coperchi dei canali e degli accessori devono essere facilmente asportabili per mezzo di attrezzi (**CEI 64-8**);
- il canale e le scatole di smistamento e derivazione a più vie devono poter garantire la separazione di differenti servizi.

### *71.5.6. Indicazioni per la sicurezza in materiale plastico isolante e loro accessori ad uso battiscopa*

Il sistema di canali in materiale plastico e loro accessori a uso battiscopa deve prevedere le seguenti misure di sicurezza:
- il canale battiscopa, la cornice, le scatole di smistamento e le derivazioni a più vie devono garantire la separazione di differenti servizi;
- gli accessori destinati all'installazione di apparecchi elettrici devono essere ancorati in modo indipendente dal battiscopa e dalla cornice e, comunque, esternamente ai canali stessi;
- la derivazione dei cavi dal battiscopa deve avvenire mediante canali accessori, secondo la norma **CEI 23-19**, o canali portacavi rispondenti alla norma **CEI 23-32**.

Il canale battiscopa installato deve assicurare che i cavi siano posizionati ad almeno 10 mm dal pavimento finito.
Le scatole destinate all'installazione delle prese di corrente devono assicurare che l'asse orizzontale si trovi ad almeno 70 mm dal pavimento finito (**CEI 64-8**).
Le prese telefoniche devono esserre collocate a distanza di almeno 120 mm tra l'asse orizzontale della presa e il pavimento.

### *71.5.7. Caratteristiche alla piegatura e grado di protezione minimo*

Le tubazioni di protezione secondo le caratteristiche alla piegatura potranno essere:
- rigide (**CEI EN 50086-2-1**);
- pieghevoli (**CEI EN 50086-2-2**);
- pieghevoli/autorinvenenti (**CEI EN 50086-2-2**);
- flessibili (**CEI EN 50086-2-3**).

Il grado di protezione dovrà essere di IP XX (con un minimo IP3X).

### *71.5.8. Norme di riferimento*

Le tubazioni di protezione dovranno rispettare le seguenti norme:
**CEI EN 50086-1** - *Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Prescrizioni generali*;
**CEI EN 50086-2-1** - *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori*;
**CEI EN 50086-2-2** - *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori*;
**CEI EN 50086-2-3** - *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori*;
**CEI EN 50086-2-4** - *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati*;
**CEI EN 60529** - *Gradi di protezione degli involucri*.

## *71.6. Quadri elettrici*

### *71.6.1. Generalità*

I quadri elettrici sono componenti dell'impianto elettrico che costituiscono i nodi della distribuzione elettrica, principale e secondaria, per garantire in sicurezza la gestione dell'impianto stesso, sia durante l'esercizio ordinario sia nella manutenzione delle sue singole parti.
Nei quadri elettrici sono contenute e concentrate le apparecchiature elettriche di sezionamento, comando, protezione e controllo dei circuiti di un determinato locale, zona, reparto, piano, ecc.
In generale, i quadri elettrici vengono realizzati sulla base di uno schema o elenco delle apparecchiature, con indicate le caratteristiche elettriche dei singoli componenti, con particolare riferimento alle caratteristiche nominali, alle sezioni delle linee di partenza e alla loro identificazione sui morsetti della morsettiera principale.
La costruzione di un quadro elettrico consiste nell'assemblaggio delle strutture e nel montaggio e cablaggio delle apparecchiature elettriche all'interno di involucri o contenitori di protezione e deve essere sempre fatta seguendo le prescrizioni delle normative specifiche.
Si raccomanda, per quanto è possibile, che i portelli dei quadri elettrici di piano o zona di uno stesso edificio siano apribili con unica chiave.

NORME DI RIFERIMENTO

**CEI EN 60439-1**;
**CEI EN 60439-3**;
**CE EN 60529**;
**CEI 23-49**;
**CEI 23-51**;
**CEI 64-8**.

### *71.6.2. Tipologie di quadri elettrici*

In generale, i quadri elettrici sono identificati per tipologia di utilizzo e in funzione di questo possono avere caratteristiche diverse che interessano la forma, le dimensioni, il materiale utilizzato per le strutture e gli involucri e i sistemi di accesso alle parti attive e agli organi di comando delle apparecchiature installate.

#### *71.6.2.1. Quadro generale*

Il quadro generale è il quadro che deve essere collocato all'inizio dell'impianto elettrico e, precisamente, a valle del punto di consegna dell'energia.
I quadri generali, in particolare quelli con potenze rilevanti, devono essere installati in locali dedicati, accessibili solo al personale autorizzato. Per quelli che gestiscono piccole potenze e per i quali si utilizzano gli involucri (isolante, metallico o composto), è sufficiente assicurarsi che l'accesso alle singole parti attive interne sia adeguatamente protetto contro i contatti diretti e indiretti e gli organi di sezionamento, comando, regolazione ecc. siano accessibili solo con l'apertura di portelli provvisti di chiave o attrezzo equivalente.
Nel caso in cui sia necessario proteggere una conduttura dal punto di consegna dell'ente distributore al quadro generale, si dovrà prevedere l'installazione a monte di un quadro realizzato in materiale isolante provvisto di un dispositivo di protezione.

#### *71.6.2.2. Quadri secondari di distribuzione*

I quadri secondari di distribuzione sono i quadri installati a valle del quadro generale, quando l'area del complesso in cui si sviluppa l'impianto elettrico è molto vasta, e provvedono ad alimentare i quadri di zona, piano, reparto, centrali tecnologiche, ecc.
Le caratteristiche delle strutture degli involucri di questi quadri sono generalmente simili a quelle descritte per il quadro generale.

#### *71.6.2.3. Quadri di reparto, di zona o di piano*

Installati a valle del quadro generale o dei quadri secondari di distribuzione, provvedono alla protezione, sezionamento, controllo dei circuiti utilizzatori previsti nei vari reparti, zone, ecc., compresi i quadri speciali di comando, regolazione e controllo di apparecchiature particolari installate negli ambienti.
Per la realizzazione di questi quadri devono essere utilizzati gli involucri di tipo isolante, metallico o composto. L'accesso alle singole parti attive interne deve essere protetto contro i contatti diretti e indiretti e l'accesso agli organi di sezionamento, comando, regolazion, ecc., mediante portelli provvisti di chiave o attrezzo equivalente, deve essere valutato in funzione delle specifiche esigenze.

#### *71.6.2.4. Quadri locali tecnologici*

I quadri locali tecnologici devono essere installati a valle del quadro generale o dei quadri secondari di distribuzione. Provvedono alla protezione, sezionamento, comando e controllo dei circuiti utilizzatori previsti all'interno delle centrali tecnologiche, compresi eventuali quadri speciali di comando, controllo e regolazione dei macchinari installati al loro interno.
Gli involucri e i gradi di protezione (IP 40, IP 44, IP 55) di questi quadri elettrici devono essere scelti in relazione alle caratteristiche ambientali presenti all'interno delle singole centrali.
Negli ambienti in cui è impedito l'accesso alle persone non autorizzate, non è necessario, anche se consigliabile, disporre di portelli con chiusura a chiave per l'accesso ai comandi.

### *71.6.3. Grado di protezione degli involucri*

Il grado di protezione (IP 20, IP 40, IP 44, IP 55) degli involucri dei quadri elettrici è da scegliersi in funzione delle

condizioni ambientali alle quali il quadro deve essere sottoposto. La classificazione è regolata dalla norma **CEI EN 60529** (**CEI 70-1**), che identifica, nella prima cifra, la protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei e, nella seconda, la protezione contro l'ingresso di liquidi.
I gradi di protezione più comuni sono: IP 20; IP 30; IP 40; IP 44; IP 55. In ogni caso, il grado di protezione per le superfici superiori orizzontali accessibili non deve essere inferiore a IP4X o IPXXD.

*71.6.4. Allacciamento delle linee e dei circuiti di alimentazione*

I cavi e le sbarre in entrata e uscita dal quadro possono attestarsi direttamente sui morsetti degli interruttori. È comunque preferibile, nei quadri elettrici con notevole sviluppo di circuiti, disporre all'interno del quadro stesso apposite morsettiere per facilitarne l'allacciamento e l'individuazione.
Le morsettiere possono essere a elementi componibili o in struttura in monoblocco.

*71.6.5. Caratteristiche degli armadi e dei contenitori per quadri elettrici*

I quadri elettrici di distribuzione devono essere conformi alle norme **CEI EN 60439-1**, **CEI EN 60439-3** e **CEI 23-51**.
Possono essere costituiti da un contenitore in materiale isolante, metallico o composto.
I quadri devono rispettare le seguenti dimensioni minime:
a) quadri di distribuzione di piano:
- larghezza: …… cm;
- altezza: …… cm;
- profondità: …… cm.

b) quadri per ambienti speciali:
- larghezza: …… cm;
- altezza: …… cm;
- profondità: …… cm.

Il portello deve essere del tipo …… (non trasparente, trasparente) con apertura …….. (a mezzo chiave). Le eventuali maniglie dovranno essere in materiale isolante.
Sui pannelli frontali dovranno essere riportate tutte le scritte necessarie a individuare chiaramente i vari apparecchi di comando, manovra, segnalazione, ecc.
I contenitori in lamiera di acciaio devono avere lo spessore non inferiore a 1,2 mm e devono essere saldati e accuratamente verniciati a forno internamente ed esternamente con smalti a base di resine epossidiche, previo trattamento preventivo antiruggine. Per consentire l'ingresso dei cavi, il contenitore sarà dotato, sui lati inferiore e superiore, di aperture chiuse con coperchio fissato con viti o di fori pretranciati.
Tutte le parti metalliche del quadro dovranno essere collegate a terra. Il collegamento di quelle mobili o asportabili sarà eseguito con cavo flessibile di colore giallo-verde o con treccia di rame stagnato di sezione non inferiore a 16 $mm^2$, muniti alle estremità di capicorda a compressione a occhiello.
Le canalette dovranno essere fissate al pannello di fondo mediante viti autofilettanti o con dado o con rivetti. Non è ammesso l'impiego di canalette autoadesive.

*71.6.6. Targhe*

Ogni quadro elettrico deve essere munito di un'apposita targa, nella quale sia riportato almeno il nome o il marchio di fabbrica del costruttore e un identificatore (numero o tipo) che permetta di ottenere dal costruttore tutte le informazioni indispensabili in lingua italiana.
I quadri elettrici impiegati dall'appaltatore devono avere la marcatura CE.

*71.6.7. Identificazioni*

Ogni quadro elettrico deve essere munito di un proprio schema elettrico nel quale sia possibile identificare i singoli circuiti e i dispositivi di protezione e comando, in funzione del tipo di quadro, nonché le caratteristiche previste dalle relative norme.
Ogni apparecchiatura di sezionamento, comando e protezione dei circuiti deve essere munita di targhetta indicatrice del circuito alimentato con la stessa dicitura di quella riportata sugli schemi elettrici.

*71.6.8. Predisposizione per ampliamenti futuri*

Le dimensioni dei quadri dovranno essere tali da consentire l'installazione di un numero di eventuali apparecchi futuri pari ad almeno il 20% di quelli previsti o installati.

*71.7. Cassette di derivazione*

Le cassette di derivazione devono essere di dimensioni idonee all'impiego e possono essere in materiale isolante o metallico. La tipologia deve essere idonea a essere installata a parete o a incasso (pareti piene o a sandwich o con intercapedine), con caratteristiche che consentano la planarità e il parallelismo.
Tutte le cassette di derivazione da parete dovranno essere in PVC pesante con grado di protezione di almeno IP 40 (per i modelli a parete), con nervature e fori pre-tranciati per l'inserzione delle tubazioni, completi di coperchi con idoneo fissaggio e ricoprenti abbondantemente il giunto-muratura.
Le dimensioni delle cassette di derivazione da parete sono le seguenti:
- larghezza: …… cm;
- altezza: …… cm;
- profondità: …… cm.

Le dimensioni delle cassette di derivazione da incasso sono le seguenti:
- larghezza: …… cm;
- altezza: …… cm;
- profondità: …… cm.

Le cassette devono essere in grado di potere contenere i morsetti di giunzione e di derivazione previsti dalle norme vigenti. Lo spazio occupato dai morsetti utilizzati non deve essere superiore al 70% del massimo disponibile.
Le cassette destinate a contenere circuiti appartenenti a sistemi diversi devono essere dotate di opportuni separatori.
I coperchi delle cassette devono essere rimossi solo con attrezzo. Sono esclusi i coperchi con chiusura a pressione, per la cui rimozione si debba applicare una forza normalizzata.

NORMA DI RIFERIMENTO
**CEI 23-48**.

***71.8.*** *Giunzioni e morsetti*

Le giunzioni e le derivazioni devono essere effettuate solo ed esclusivamente all'interno di quadri elettrici, cassette di derivazione o di canali e passerelle, a mezzo di apposite morsettiere e morsetti.
I morsetti componibili su guida devono rispettare le norme **EN 50022** e **EN 50035**.
I morsetti di derivazione volanti possono essere:
- a vite;
- senza vite;
- a cappuccio;
- a perforazione di isolante.

NORME DI RIFERIMENTO
**CEI EN 60947-7-1**;
**CEI EN 60998-1**;
**CEI EN 60998-2-2**;
**CEI EN 60998-2-3**;
**CEI EN 60998-2-4**.

*71.9. Supporto, frutto e placca*

Tutti i supporti portafrutti dovranno essere in resina e presentare caratteristiche meccaniche tali da resistere alle sollecitazioni dell'uso normale. Dovranno permettere il fissaggio rapido dei frutti senza vite e facile rimozione con attrezzo, nonché il fissaggio delle placche a pressione con o senza viti, e consentire eventuali compensazioni

con i rivestimenti della parete.
I supporti dovranno prevedere l'alloggiamento da due a più moduli.
I frutti devono possedere le seguenti caratteristiche:
- comando: sistemi luminosi o indicazioni fluorescenti per soddisfare le esigenze del **D.P.R. n. 503/1996** e **D.M. n. 236/1989**) e le norme **CEI 23-9** e **CEI EN 60669-1**;
- interruttori uni e bipolari, deviatori e invertitori, con corrente nominale non inferiore a 10A;
- pulsanti e pulsanti a tirante con corrente nominale non inferiore a 2A (**CEI EN 60669-2-1**) e infrarosso passivo (IR);
- controllo: regolatori di intensità luminosa (**CEI EN 60669-2-1**);
- prese di corrente: 2P+T, 10A - tipo P11; 2P+T, 16A - tipo P17, P17/11, P30 (**CEI 23-16** o **CEI 23-50**);
- protezione contro le sovracorrenti: interruttori automatici magnetotermici con caratteristica C da 6A, 10A, 16A e potere di interruzione non inferire a 1500A (**CEI EN 60898**);
- segnalazioni ottiche e acustiche: spie luminose, suonerie e ronzatori;
- prese di segnale: per trasmissione dati Rj45, TV terreste e satellitare (**CEI EN 50083-4**), prese telefoniche (**CEI EN 60603-7**).
Gli apparecchi complementari devono presentare le seguenti caratteristiche:
- comando: …….;
- prese di corrente: …….;
- prese per trasmissione dati: ……..;
- allarmi: ……..;
- ricezione: ……..;
- controllo: ……..;
- interruttori differenziali: ……..

*71.9.1. Impianto di terra*

L'impianto di terra deve essere composto dai seguenti elementi:
- dispersori;
- conduttori di terra;
- collettore o nodo principale di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori equipotenziali.

L'impianto di messa a terra deve essere opportunamente coordinato con dispositivi di protezione (nel sistema TT sempre con interruttori differenziali) posti a monte dell'impianto elettrico, atti a interrompere tempestivamente l'alimentazione elettrica del circuito guasto in caso di eccessiva tensione di contatto.
L'impianto deve essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche e le misure periodiche necessarie a valutarne il grado d'efficienza.

*71.9.1.1. Impianti a tensione nominale ≤ 1000 V corrente alternata*

L'impianto di messa a terra deve essere realizzato secondo la norma **CEI 64-8**, tenendo conto delle raccomandazioni della *Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario* (**CEI 64-12**).
In ogni impianto utilizzatore deve essere realizzato un impianto di terra unico.
All'impianto devono essere collegate tutte le masse, le masse estranee esistenti nell'area dell'impianto utilizzatore, nonché la terra di protezione e di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori (ove esistenti, il centro stella dei trasformatori, l'impianto contro i fulmini, ecc.).
L'esecuzione dell'impianto di terra va correttamente programmata nelle varie fasi dei lavori e con le dovute caratteristiche. Infatti, alcune parti dell'impianto di terra, tra cui il dispersore, possono essere installate correttamente solo durante le prime fasi della costruzione, con l'utilizzazione degli elementi di fatto (ferri delle strutture in cemento armato, tubazioni metalliche, ecc.).

### *71.9.1.2. Elementi dell'impianto di terra*

*Dispersore*

Il dispersore è il componente dell'impianto che serve per disperdere le correnti verso terra ed è generalmente costituito da elementi metallici quali tondi, profilati, tubi, nastri, corde, piastre aventi dimensioni e caratteristiche in riferimento alla norma **CEI 64-8**.
È economicamente conveniente e tecnicamente consigliato utilizzare come dispersori i ferri delle armature nel calcestruzzo a contatto del terreno.
Nel caso di utilizzo di dispersori intenzionali, affinché il valore della resistenza di terra rimanga costante nel tempo, si deve porre la massima cura all'installazione e alla profondità del dispersore da installarsi preferibilmente all'esterno del perimetro dell'edificio.
Le giunzioni fra i diversi elementi dei dispersori e fra il dispersore e il conduttore di terra devono essere effettuate con morsetti a pressione, saldatura alluminotermica, saldatura forte o autogena o con robusti morsetti o manicotti, purché assicurino un contatto equivalente.
Le giunzioni devono essere protette contro la corrosione, specialmente in presenza di terreni particolarmente aggressivi.

*Conduttore di terra*

Il conduttore di terra è il conduttore che collega il dispersore al collettore (o nodo) principale di terra oppure i dispersori tra loro; generalmente, è costituito da conduttori di rame (o equivalente) o ferro.
I conduttori parzialmente interrati e non isolati dal terreno devono essere considerati come dispersori per la parte interrata e conduttori di terra per la parte non interrata o isolata dal terreno. Il conduttore di terra deve essere affidabile nel tempo, resistente e adatto all'impiego. Possono essere impiegati corde, piattine o elementi strutturali metallici inamovibili. Le sezioni minime del conduttore di terra sono riassunte nella tabella 83.1.

**Tabella 83.1 - Sezioni minime del conduttore di terra**

| Caratteristiche di posa del conduttore | Sezione minima ($mm^2$) |
|---|---|
| Protetto contro la corrosione (ad esempio, con una guaina) ma non meccanicamente | 16 (rame) 16 (ferro zincato) |
| Non protetto contro la corrosione | 25 (rame) 50 (ferro zincato) |

*Collettore (o nodo) principale di terra*

In ogni impianto deve essere previsto (solitamente nel locale cabina di trasformazione, nel locale contatori o nel quadro generale) in posizione accessibile (per effettuare le verifiche e le misure) almeno un collettore (o nodo) principale di terra.
A tale collettore devono essere collegati:
- il conduttore di terra;
- i conduttori di protezione;
- i conduttori equipotenziali principali;
- l'eventuale conduttore di messa a terra di un punto del sistema (in genere il neutro);
- le masse dell'impianto MT.

Ogni conduttore deve avere un proprio morsetto opportunamente segnalato e, per consentire l'effettuazione delle verifiche e delle misure, deve essere prevista la possibilità di scollegare, solo mediante attrezzo, i singoli conduttori che confluiscono nel collettore principale di terra.

*Conduttori di protezione*

Il conduttore di protezione parte del collettore di terra collega in ogni impianto e deve essere collegato a tutte le prese a spina (destinate ad alimentare utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante messa a terra). Può anche essere collegato direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione con parti metalliche comunque accessibili. È vietato l'impiego di conduttori di protezione non protetti meccanicamente con sezione inferiore a 4 $mm^2$. Nei sistemi TT (cioè nei

sistemi in cui le masse sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico), il conduttore di neutro non può essere utilizzato come conduttore di protezione.
La sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non deve essere inferiore a quella indicata nella tabella 83.2, tratta dalle norme **CEI 64-8**.

**Tabella 83.2. Sezione minima del conduttore di protezione (CEI 64-8)**

| **Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio ($mm^2$)** | **Conduttore di protezione appartenente allo stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase ($mm^2$)** | **Conduttore di protezione non appartenente allo stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase ($mm^2$)** |
|---|---|---|
| Minore o uguale a 16 Uguale a 35 | 16 | 16 |
| Maggiore di 35 | Metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme | Metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme |

*Conduttori di equipotenziale*

Il conduttore equipotenziale ha lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee ovvero le parti conduttrici non facenti parte dell'impianto elettrico e suscettibili di introdurre il potenziale di terra (norma **CEI 64-8/5**).
L'appaltatore deve curare il coordinamento per la realizzazione dei collegamenti equipotenziali, richiesti per tubazioni metalliche o per altre masse estranee all'impianto elettrico che fanno parte della costruzione. È opportuno che vengano assegnate le competenze di esecuzione.
Si raccomanda una particolare cura nella valutazione dei problemi d'interferenza tra i vari impianti tecnologici interrati ai fini della limitazione delle correnti vaganti, potenziali cause di fenomeni corrosivi. Si raccomanda, infine, la misurazione della resistività del terreno.

*Pozzetti*

Tutti i pozzetti dovranno essere in PVC e muniti di chiusino in PVC pesante nervato.

### *71.9.1.3. Prescrizioni particolari per locali da bagno. Divisione in zone e apparecchi ammessi*

Si premette che la norma **CEI 64-8**, alla parte 7: ambienti particolari, art. 701 (locali contenenti bagni e docce), classifica l'ambiente bagno in quattro zone di pericolosità in ordine decrescente:
- zona 0;
- zona 1;
- zona 2;
- zona 3.

ZONA 0
È il volume della vasca o del piatto doccia. Entro tale volume non sono ammessi apparecchi elettrici, come scalda-acqua a immersione, illuminazioni sommerse o simili.

ZONA 1
È il volume al di sopra della vasca da bagno o del piatto doccia fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento. In tale volume sono ammessi lo scaldabagno (del tipo fisso, con la massa collegata al conduttore di protezione) o altri apparecchi utilizzatori fissi, purché alimentati a tensione non superiore a 25 V, cioè con la tensione ulteriormente ridotta rispetto al limite normale della bassissima tensione di sicurezza, che corrisponde a 50 V.

ZONA 2
È il volume che circonda la vasca da bagno o il piatto doccia, largo 60 cm e fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento. Sono ammessi, oltre allo scaldabagno e agli altri apparecchi alimentati a non più di 25 V, anche gli apparecchi illuminati dotati di doppio isolamento (classe II).

ZONA 3
È il volume al di fuori della zona 2, della larghezza di 2,40 m (e quindi 3 m oltre la vasca o la doccia). Sono ammessi componenti dell'impianto elettrico protetti contro la caduta verticale di gocce di acqua (grado di protezione IP1) - come nel caso dell'ordinario materiale elettrico da incasso - quando installati verticalmente, oppure IP5 quando è previsto l'uso di getti d'acqua per la pulizia del locale. Inoltre, l'alimentazione delle prese a spina deve soddisfare una delle seguenti condizioni:
- bassissima tensione di sicurezza con limite 50 V (BTS). Le parti attive del circuito BTS devono, comunque, essere protette contro i contatti diretti;
- trasformatore di isolamento per ogni singola presa a spina;
- interruttore differenziale ad alta sensibilità, con corrente differenziale non superiore a 30 mA.
Gli apparecchi istallati nelle zone 1 e 2 devono essere protetti contro gli spruzzi d'acqua (grado di protezione IP4).
Sia nella zona 1 sia nella zona 2 non devono esserci materiali di installazione come interruttori, prese a spina o scatole di derivazione. Possono essere installati soltanto pulsanti a tirante con cordone isolante e frutto incassato ad altezza superiore a 2,25 m dal pavimento.
Le condutture devono essere limitate a quelle necessarie per l'alimentazione degli apparecchi installati in queste zone e devono essere incassate con tubo protettivo non metallico. Gli eventuali tratti in vista necessari per il collegamento con gli apparecchi utilizzatori (ad esempio, con lo scaldabagno) devono essere protetti con tubo di plastica o realizzati con cavo munito di guaina isolante.
Le regole enunciate per le varie zone in cui sono suddivisi i locali da bagno servono a limitare i pericoli provenienti dall'impianto elettrico del bagno stesso e sono da considerarsi integrative rispetto alle regole e prescrizioni comuni a tutto l'impianto elettrico (isolamento delle parti attive, collegamento delle masse al conduttore di protezione, ecc.).

*Collegamenti equipotenziali nei locali da bagno*

Nelle zone 1, 2 e 3 così come definite al paragrafo precedente, onde evitare tensioni pericolose provenienti dall'esterno del locale da bagno, deve mettersi in opera un conduttore equipotenziale che colleghi fra di loro tutte le masse estranee con il conduttore di protezione all'ingresso dei locali da bagno.
Le giunzioni devono essere realizzate conformemente a quanto prescritto dalla norma **CEI 64-8**. In particolare, devono essere protette contro eventuali allentamenti o corrosioni ed essere impiegate fascette che stringono il metallo vivo. Il collegamento equipotenziale deve raggiungere il più vicino conduttore di protezione.
È vietata l'inserzione di interruttori o di fusibili sui conduttori di protezione.
Per i conduttori si devono rispettare le seguenti sezioni minime:
- 2,5 $mm^2$ (rame) per i collegamenti protetti meccanicamente, cioè posati entro tubi o sotto intonaco;
- 4 $mm^2$ (rame) per i collegamenti non protetti meccanicamente e fissati direttamente a parete.
Il collegamento equipotenziale non va eseguito su tubazioni di scarico in PVC o in gres.

*Altre prescrizioni per i locali da bagno*

Per i locali da bagno devono tenersi distinti i due circuiti di illuminazione e prese.
La protezione delle prese del bagno con interruttore differenziale ad alta sensibilità può essere affidata all'interruttore differenziale generale, purché questo sia del tipo ad alta sensibilità, o a un interruttore differenziale locale, che può servire anche per diversi bagni attigui.
Per le condutture elettriche possono essere usati cavi isolati in PVC tipo H07V (ex UR/3) in tubo di plastica incassato a parete o nel pavimento.

Per il collegamento dello scaldabagno, il tubo, di tipo flessibile, deve essere prolungato per coprire il tratto esterno oppure deve essere usato un cavetto tripolare con guaina (fase + neutro + conduttore di protezione) per tutto il tratto che va dall'interruttore allo scaldabagno, uscendo, senza morsetti, da una scatoletta passa-cordone.

*Protezioni contro i contatti diretti in ambienti pericolosi*

Negli ambienti in cui il pericolo di elettrocuzione è maggiore sia per particolari utilizzatori elettrici usati sia per determinate condizioni ambientali di umidità (si pensi a cantine, garage, portici, giardini, ecc.), le prese a spina devono essere alimentate come prescritto per la zona 3 dei bagni.

#### *71.9.1.4. Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione*

Una volta realizzato l'impianto di messa a terra, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata con uno dei seguenti sistemi:

- coordinamento fra impianto di messa a terra e protezione di massima corrente: se l'impianto comprende più derivazioni protette da dispositivi con correnti di intervento diverse, deve essere considerata la corrente di intervento più elevata;

- coordinamento di impianto di messa a terra e interruttori differenziali: questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo.

### ***71.10.*** *Impianto di protezione contro le scariche atmosferich**e***

#### *71.10.1. Generalità*

Le misure di protezione contro le scariche atmosferiche più idonee devono essere conformi alle prescrizioni della norma **CEI 81-1**. Le norme **CEI 81-1** prevedono quattro livelli di protezione (tabella 83.3).

**Tabella 83.3. Livelli di protezione contro le scariche atmosferiche**

| Livello di protezione | Efficienza |
|---|---|
| I | 0,98 |
| II | 0,95 |
| III | 0,90 |
| IV | 0,80 |

#### *71.10.2. Composizione dell'impianto*

In generale, l'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche si compone dei seguenti elementi:
- impianto di protezione contro le fulminazioni dirette (impianto base), costituito dagli elementi normali e naturali atti alla captazione, all'adduzione e alla dispersione nel suolo della corrente del fulmine (organo di captazione, calate, dispersore);
- impianto di protezione contro le fulminazioni indirette (impianto integrativo) costituito da tutti i dispositivi (quali connessioni metalliche e limitatori di tensione) atti a contrastare gli effetti (quali, ad esempio, tensione totale di terra, tensione di passo, tensione di contatto, tensione indotta, sovratensione sulle linee) associati al passaggio della corrente di fulmine nell'impianto di protezione o nelle strutture e masse estranee ad esso adiacenti.

#### *71.10.3. Captatori*

Il captatore può essere composto dalla combinazione di aste, funi e maglie. Il posizionamento dei captatori secondo il metodo dell'angolo di protezione (indicato per gli edifici di forma regolare) o il metodo della sfera rotolante (indicato per gli edifici di forma complessa) deve essere conforme al punto 2.2.2 della norma **CEI 81-1** e in particolare dell'appendice B. La protezione delle superfici piane dovrà essere attuata con il metodo della maglia.

Il punto 2.2.3 della norma stabilisce che, ai fini della protezione, possono essere utilizzati come captatori naturali le seguenti parti della struttura, secondo le prescrizioni dell'art. 2.1.3 della citata norma **CEI 81-1**:
- coperture metalliche dei tetti;
- componenti metalliche costruttive di tetti (capriate metalliche, ferri di armatura elettricamente continui, ecc.), al di sotto di una copertura non metallica, purché quest'ultima parte possa essere esclusa dalla struttura da proteggere;
- parti metalliche come gronde, ornamenti, ringhiere, ecc., la cui sezione trasversale non sia inferiore a quella specificata per i captatori normali;
- tubazioni e serbatoi metallici, costruiti in materiale di non meno di 2,5 mm di spessore, purché non si crei una situazione pericolosa o altrimenti inaccettabile qualora essi vengano perforati;
- tubazioni e serbatoi metallici.

Le lastre e le tubazioni metalliche devono possedere lo spessore minimo in funzione del materiale (Fe, Cu, Al) indicato nella tabella 4 della norma CEI 81-1.

### *71.10.4. Sistemi di protezione LPS*

I sistemi di protezione contro i fulmini vengono definiti LPS (*Lighting Protection of Structures*) e si dividono in:
- LPS esterno;
- LPS interno.

LPS ESTERNO

L'impianto interno deve essenzialmente essere costituito da:
- collegamenti equipotenziali di tutti i corpi metallici esterni e interni;
- collegamenti equipotenziali, tramite limitatori di tensione, di tutti gli impianti esterni e interni;
- isolamenti o distanziamenti.

L'impianto esterno è principalmente costituito da captatori ad asta o a maglia. La loro funzione è quella di creare un volume protetto, ovvero una zona che non può essere colpita da fulmini.
I captatori ad asta consistono nel posizionare una o più aste metalliche in uno o più punti, sulla sommità dell'edificio con ridotto sviluppo orizzontale.
I captatori a maglia consistono nel creare una gabbia metallica intorno all'edificio, tramite piattine o tondi in ferro o in rame, per proteggerlo completamente. I percorsi devono essere preferibilmente rettilinei e i cambi di direzione devono avvenire senza spigoli o curve a piccolo raggio.

LPS INTERNO

L'impianto esterno deve essenzialmente essere costituito da:
- organi di captazione (normali o naturali);
- organi di discesa (calate) (normali o naturali);
- dispersore di tipo A o B (normali o naturali);
- collegamenti diretti o tramite SPD agli impianti esterni e interni e ai corpi metallici esterni e interni.

### *71.10.5. Verifiche e dichiarazione di conformità*

Dopo l'ultimazione, l'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche deve essere verificato per accertare che:
- l'LPS sia conforme al progetto;
- tutti i componenti dell'LPS siano in buone condizioni;
- tutte le strutture aggiunte dopo siano comprese nella struttura protetta con ampliamenti dell'LPS.

L'impianto dove essere soggetto a manutenzione periodica, come disposto dalla norma **CEI 81-1**.
L'appaltatore, al termine dei lavori, dovrà rilasciare la prescritta dichiarazione di conformità dell'impianto secondo le disposizioni del **D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462** - *Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi*.
Secondo l'art. 2 del citato decreto, la messa in esercizio degli impianti elettrici di messa a terra e dei dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche non può essere effettuata prima della verifica eseguita

dall'installatore, che deve rilasciare la dichiarazione di conformità ai sensi della normativa vigente. La dichiarazione di conformità equivale a tutti gli effetti a omologazione dell'impianto.
Entro 30 giorni dalla messa in esercizio dell'impianto, il datore di lavoro deve inviare la dichiarazione di conformità all'ISPESL e all'ASL o all'ARPA territorialmente competenti.
Il datore di lavoro è tenuto a effettuare regolari manutenzioni dell'impianto, secondo le indicazioni del piano di manutenzione dell'opera, nonché a far sottoporre lo stesso a verifica periodica ogni cinque anni, a esclusione di quelli installati in cantieri, in locali adibiti a uso medico e negli ambienti a maggior rischio in caso di incendio, per i quali la periodicità è biennale.
Per l'effettuazione della verifica, il datore di lavoro deve rivolgersi all'ASL, all'ARPA o a eventuali organismi individuati dal Ministero delle attività produttive, sulla base di criteri stabiliti dalla normativa tecnica europea UNI CEI.
Il soggetto che ha eseguito la verifica periodica deve rilasciare il relativo verbale al datore di lavoro, che deve conservarlo ed esibirlo a richiesta degli organi di vigilanza.
Le verifiche suddette saranno a totale carico del datore di lavoro.
Le verifiche straordinarie da parte del datore di lavoro dovranno essere, comunque, effettuate nei casi di:
- esito negativo della verifica periodica;
- modifica sostanziale dell'impianto;
- richiesta del datore del lavoro.
Il datore di lavoro ha l'obbligo di comunicare tempestivamente all'ufficio competente per territorio dell'ISPESL e alle ASL o alle ARPA competenti per territorio, la cessazione dell'esercizio, le modifiche sostanziali preponderanti e il trasferimento o spostamento degli impianti.

### *71.10.6. Norme di riferimento*

**CEI 81-1** - *Protezione di strutture contro i fulmini*;
**CEI 81-3** - *Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico*;
**CEI 81-4** - *Protezione delle strutture contro i fulmini.Valutazione del rischio dovuto al fulmine*;
**CEI 81-5** - *Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC)*;
**CEI 81-6** - *Protezione delle strutture contro i fulmini. Linee di telecomunicazione*;
**CEI 81-7** - *Prescrizioni relative alla resistibilità per le apparecchiature che hanno un terminale per telecomunicazioni*;
**CEI 81-8** - *Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensioni sugli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione*.

## *71.11. Protezione contro i contatti diretti e indiretti*

Le misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti devono rispettare la norma **CEI 64-8**.
La protezione può essere attuata con i seguenti accorgimenti:
- protezione mediante bassissima tensione di sicurezza e di protezione (sistemi SELV e PELV);
- protezione mediante bassissima tensione di protezione funzionale (sistemi FELV);
- protezione totale;
- protezione parziale;
- protezione addizionale;
- protezione con impiego di componenti di classe II o con isolamento equivalente;
- protezione per separazione elettrica;
- protezione per mezzo di locali isolanti;
- protezione per mezzo di locali resi equipotenziali non connessi a terra;
- protezione contro i contatti indiretti nei sistemi di I categoria senza propria cabina di trasformazione (sistema TT);
- protezione con interruzione automatica del circuito;
- protezione contro i contatti indiretti nei sistemi di I categoria con propria cabina di trasformazione (sistema TN).

*71.12. Protezione delle condutture elettriche contro le sovracorrenti e i cortocircuiti*

La protezione delle condutture elettriche contro le sovracorrenti deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni della norma **CEI 64-8**.

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da cortocircuiti. La protezione contro i sovraccarichi può essere prevista:

- all'inizio della conduttura;
- alla fine della conduttura;
- in un punto qualsiasi della conduttura.

Nei luoghi a maggior rischio in caso d'incendio e nei luoghi con pericolo d'esplosione, le protezioni contro i sovraccarichi devono essere installate all'inizio della conduttura.

La protezione contro i corto circuiti deve essere sempre prevista all'inizio della conduttura.

Sono ammessi 3 m di distanza dall'origine della conduttura, purché il tratto non protetto soddisfi contemporaneamente le due condizioni seguenti (con esclusione degli impianti nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio o con pericolo di esplosione):

- venga realizzato in modo da ridurre al minimo il pericolo di corto circuito;
- venga realizzato in modo che, anche in caso di corto circuito, sia ridotto al minimo il pericolo di incendio o di danno per le persone.

È possibile non prevedere la protezione contro i corto circuiti per i circuiti la cui interruzione improvvisa può dar luogo a pericoli (per esempio per taluni circuiti di misura e per le condutture che collegano batterie di accumulatori, generatori, trasformatori e raddrizzatori con i rispettivi quadri, quando i dispositivi di protezione sono posti su questi quadri).

In tali casi, bisogna verificare che il pericolo di cortocircuito sia minimo e che le condutture non siano in vicinanza di materiali combustibili.

## Art. 72. **Verifiche dell'impianto elettrico**

*72.1. Generalità*

Le verifiche dell'impianto elettrico devono essere eseguite dal direttore dei lavori, secondo le indicazioni del capitolo 61 della norma **CEI 64-8**:

- art. 611: esame a vista;
- art. 612: prove.

In linea, generale le operazioni di verifica di un impianto elettrico possono così articolarsi:

- esame a vista;
- rilievi strumentali;
- calcoli di controllo.

Le verifiche devono essere eseguite anche nei casi di trasformazioni, ampliamenti e/o interventi che hanno alterato le caratteristiche originarie dell'impianto elettrico.

*72.2. Esame a vista*

L'esame a vista (norma **CEI 64-8**), eseguito con l'impianto fuori tensione, ha lo scopo di accertare la corretta esecuzione dell'impianto prima della prova. L'esame a vista dell'impianto elettrico è condotto sulla base del progetto e ha lo scopo di verificare che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle norme vigenti. L'esame può essere eseguito sia durante la realizzazione dell'impianto sia alla fine dei lavori.

L'esame a vista dell'impianto elettrico comprende i seguenti controlli, relativi a:

- analisi del progetto;
- verifica qualitativa dei componenti dell'impianto;
- verifica quantitativa dei componenti dell'impianto;
- controllo della sfilabilità dei cavi e delle dimensioni dei tubi e dei condotti;
- verifica dell'idoneità delle connessioni dei conduttori;
- verifica dei tracciati per le condutture incassate;
- verifica dei gradi di protezione degli involucri;

- controllo preliminare dei collegamenti a terra;
- controllo dei provvedimenti di sicurezza nei servizi igienici;
- controllo dell'idoneità e della funzionalità dei quadri elettrici;
- controllo dell'idoneità, funzionalità e sicurezza degli impianti ausiliari;
- controllo delle sezioni minime dei conduttori e dei colori distintivi;
- verifica per gli apparecchi per il comando e l'arresto di emergenza;
- presenza e corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e di comando.

### *72.2.1. Verifica qualitativa e quantitativa*

La verifica qualitativa e quantitativa dei componenti dell'impianto elettrico ha lo scopo di verificare:
- che la rispondenza qualitativa dei materiali e delle apparecchiature impiegate rispettino le prescrizioni del capitolato speciale d'appalto e i dati di progetto, accertando la consistenza quantitativa e il funzionamento;
- la conformità delle indicazioni riportate negli schemi e nei piani d'installazione, individuando l'ubicazione dei principali componenti, la conformità delle linee di distribuzione agli schemi, la conformità dei punti di utilizzazione ai piani d'installazione, l'univocità d'indicazione tra schemi e segnaletica applicata in loco;
- la compatibilità con l'ambiente, accertando che tutti i componenti elettrici siano stati scelti e collocati tenendo conto delle specifiche caratteristiche dell'ambiente e siano tali da non provocare effetti nocivi sugli altri elementi esistenti nell'ambiente;
- l'accessibilità, che deve essere agevole per tutti i componenti con pannelli di comando, misura e segnalazione manovra, e possibile (eventualmente con facili operazioni di rimozione di ostacoli) per i componenti suscettibili di controlli periodici o di interventi manutentivi (scatole, cassette, pozzetti di giunzione o connessione, ecc.).

L'accertamento della garanzia di conformità è data dal marchio IMQ (marchio italiano di qualità) o da altri marchi equivalenti. In caso contrario, l'impresa deve fornire apposita certificazione.

### *72.2.2. Verifica della sfilabilità dei cavi e controllo delle dimensioni dei tubi e dei condotti*

La verifica della sfilabilità dei cavi consiste nell'estrarre un cavo dal tratto di tubo protettivo, incassato o a vista, compreso tra due cassette o scatole successive, e nell'osservare se questa operazione abbia danneggiato il cavo stesso.
L'analisi, in sintesi, deve riguardare:
- la sfilabilità:
- estrazione di uno o più cavi dai condotti;
- mantenimento della calibratura interna.
- la dimensione dei tubi: diametro interno maggiore o uguale a 10 mm;
- la rispondenza normativa dei tubi: verifica della rispondenza alle prescrizioni di progetto.

La verifica deve essere effettuata preferibilmente sui tratti di tubo non rettilinei e deve essere estesa a tratti di tubo per una lunghezza compresa tra l'1% e il 5% della totale lunghezza dei tubi degli impianti utilizzatori presi in esame. In caso di esito non favorevole, fermo restando l'obbligo per l'installatore di modificare gli impianti, la prova dovrà essere ripetuta su di un numero di impianti utilizzatori doppio rispetto al primo campione scelto. Qualora anche la seconda prova fornisse esito sfavorevole, la verifica della sfilabilità dovrà essere ripetuta su tutti gli impianti utilizzatori.
Il controllo deve verificare che i tubi abbiano diametro interno maggiore di 10 mm e che, in generale, sia almeno uguale a 1,3 volte il diametro circoscritto al fascio di cavi contenuti entro i tubi. Per le condutture costituite da canalette, la superficie interna della sezione retta degli alloggiamenti dei cavi elettrici deve essere almeno uguale al doppio della superficie della sezione retta dei cavi contenuti.
I tubi protettivi flessibili di materiale termoplastico a base di policloruro di vinile da collocare sotto traccia devono essere conformi alla norma **CEI 23-14 V1**.
I tubi protettivi rigidi e accessori di materiale termoplastico a base di policloruro di vinile da collocare in vista devono essere conformi alle norme **UNEL 37118/72** e **37117-72**.

**Tabella 84.1. Dimensioni dei tubi protettivi flessibili e rigidi in PVC**

| Grandezza | Tubi flessibili in PVC | Tubi rigidi in PVC |
|---|---|---|

| | Diametro esterno *D* (mm) | Diametro interno min *d* (mm) | Diametro esterno *D* (mm) | Diametro interno min *d* (mm) |
|---|---|---|---|---|
| 16 20 25 32 40 50 63 | 16 20 25 32 40 50 63 | 10,7 14,1 18,3 24,3 31,2 39,6 50,6 | 16 20 25 32 40 50 63 | 13,0 16,9 21,4 27,8 35,4 44,3 56,5 |

*72.2.3. Verifica dei tracciati per le condutture incassate*

La verifica dei tracciati per le condutture incassate deve riguardare:
- tubi incassati sotto intonaco: linearità (orizzontale o verticale) dei percorsi;
- prese a parete: altezza non inferiore a 17,5 dal pavimento.

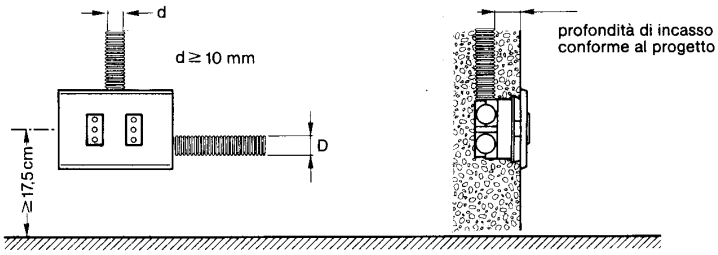


**Figura 84.1**
**Criteri di installazione degli impianti incassati e similari**

*72.2.4. Verifica dei gradi di protezione degli involucri (protezioni contro i contatti diretti)*

La verifica dei gradi di protezione degli involucri ha lo scopo di verificare che tutti i materiali, gli apparecchi e le macchine installati in ambienti speciali (acqua e/o polvere) abbiano grado di protezione adeguato ai fini della sicurezza, della funzionalità e della durata e/o conforme alle prescrizioni del progetto o del capitolato. Per la verifica si farà riferimento alla norme **CEI-64.8** e **CEI 70-1**. Il grado di protezione è indicato con le lettere IP (*International Protection*) seguite da due cifre indicanti il grado di protezione delle persone contro il contatto con gli elementi in tensione e la penetrazione dannosa dell'acqua (per esempio IP 55). Quando una delle due cifre è sostituita da una X (per esempio IP4X o IPX4), significa che il materiale garantisce soltanto un tipo di protezione. Lo 0 indica nessun grado di protezione (ad esempio, IP20 indica l'assenza di protezione dalla penetrazione dell'acqua).
Sono esclusi dall'esame i componenti installati nei locali bagno e doccia e quelli pertinenti a impianti AD-FT per locali caldaia e simili.
I componenti con grado di protezione inferiore a IP 20 non possono essere installati in ambienti interni ordinari accessibili a personale non addestrato. La norma CEI 70-1 stabilisce, inoltre, che i gradi di protezione superiori soddisfano i requisiti dei gradi protezione inferiori.
Devono essere oggetto di verifica:
- componenti installati in luoghi umidi (che presentano sul pavimento, sulle pareti o sul soffitto tracce di stillicidio da condensa o da infiltrazione d'acqua): grado di protezione ≥ IP 21;
- componenti installati in luoghi esposti alle intemperie ma non soggetti a spruzzi di pioggia battente con stravento > 60° dalla verticale: grado di protezione ≥ IP 23;
- componenti soggetti a spruzzi, pioggia a stravento, intemperie: grado di protezione ≥ IP 34;
- componenti installati in locali di lavaggio o in ambienti occasionalmente polverosi: grado di protezione ≥ IP 55;
- componenti installati in locali di lavaggio o in ambienti permanentemente polverosi: grado di protezione ≥ IP 66;
- componenti installati in ambienti con pericolo d'inondazione occasionale e temporanea o su terreno soggetto a pozzanghere: grado di protezione ≥ IP 67;
- materiale installato in altri ambienti speciali con temperatura elevata, vibrazioni, muffe, atmosfere corrosive,

ecc.: certificazione d'idoneità rilasciata da enti autorizzati o autocertificazione del costruttore e rispondenza alle indicazioni progettuali.

### *72.2.5. Controllo dei collegamenti a terra*

Le verifiche dell'impianto di terra sono descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (**CEI 64-8** e **CEI 11-8**). Per gli impianti soggetti alla disciplina del D.P.R. n. 547/1955 va effettuata la denuncia degli stessi alle Aziende unità sanitarie locali (ASL) a mezzo dell'apposito modulo, fornendo gli elementi richiesti e cioè i risultati delle misure della resistenza di terra.
Si devono effettuare le seguenti verifiche:
- identificazione dei conduttori di terra e di protezione (PE) ed equipotenziali (EQ): ha lo scopo di accertare che l'isolante e i collari siano di colore giallo-verde. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa, nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori stessi sia delle giunzioni. Si deve, inoltre, controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina;
- misurazione del valore di resistenza di terra dell'impianto, utilizzando un dispersore ausiliario e una sonda di tensione con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico. La sonda di tensione e il dispersore ausiliario vanno posti a una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro. Si possono ritenere ubicati in modo corretto quando sono sistemati a una distanza dal suo contorno pari a cinque volte la dimensione massima dell'impianto stesso. Quest'ultima, nel caso di semplice dispersore a picchetto, può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza va mantenuta tra la sonda di tensione e il dispersore ausiliario;
- collegamenti: bisogna controllare che tutte le masse (compresi gli apparecchi illuminanti), i poli di terra delle prese a spina e tutte le masse estranee presenti nell'area dell'impianto siano collegate al conduttore di protezione;
- continuità: bisogna accertarsi della continuità del conduttore di protezione e dell'assenza di dispositivi di sezionamento o di comando;
- tracciato e sezionabilità: i conduttori di protezione devono, in linea di massima, seguire il tracciato dei conduttori di fase e dipartirsi dalle scatole di derivazione per consentirne il sezionamento in caso di guasti;
- sezione del conduttore protezione-neutro (PEN): il controllo a vista dei componenti del dispersore deve essere effettuato in corso d'opera. In caso contrario, è consigliabile eseguire dei sondaggi.

### *72.2.6. Controllo dei provvedimenti di sicurezza nei servizi igienici (bagno e doccia)*

Il controllo ha lo scopo di accertare l'idoneità delle misure di sicurezza contro eventuali pericoli da contatti diretti e indiretti nei locali da bagno e doccia, considerati a maggiore rischio elettrico.
Nelle varie zone dei locali igienici possono essere installate le seguenti apparecchiature:
- nella zona 0 è vietata l'installazione di qualsiasi componente elettrico;
- nella zona 1 si possono installare soltanto scaldacqua (con marchio IMQ) e altri utilizzatori fissi alimentati a bassissima tensione di sicurezza, con tensione nominale non superiore a 25 V e grado di protezione non inferiore a IP X4;
- nella zona 2 si possono installare, oltre agli utilizzatori possibili nella zona 1, anche apparecchi illuminanti fissi, di classe II e grado di protezione non inferiore a IP X4. Sono ammesse le sole condutture di alimentazione degli utilizzatori qui ubicati, che devono avere isolamento equivalente alla classe II in tubi non metallici ed essere incassate, salvo l'ultimo tratto, in prossimità dell'utilizzatore che deve essere il più breve possibile. Nessuna limitazione è, invece, prevista per le condutture incassate a una profondità superiore a 5 cm. Nella zona non è ammessa l'installazione di apparecchi di comando, derivazione o protezione (interruttore, prese, scatole di derivazione, ecc.). Gli infissi metallici a contatto con i ferri d'armatura delle strutture in calcestruzzo armato devono essere collegati al conduttore equipotenziale;
- nella zona 3 si può realizzare un impianto ordinario con condutture incassate in tubi non metallici aventi isolamento equivalente alla classe II. I componenti elettrici devono avere grado di protezione minimo IP X1.

Devono essere oggetto di verifica:
a) collegamenti equipotenziali delle tubazioni.
Accertamenti:
- collegamento al morsetto di terra di:

- tubazione acqua calda e fredda in ingresso e/o in uscita dal locale;
- tubazione gas in ingresso e/o in uscita dal locale;
- tubazione termosifoni in ingresso e/o in uscita dal locale;
- tubazione metallica di scarico;
- masse estranee.

b) condutture equipontenziali e mezzi di connessione alle masse estranee.
Accertamenti:
- sezioni ≥ 2,5 $mm^2$ (4 $m^2$ se non protette);
- collari e morsetti idonei al buon collegamento;
- ispezionabilità delle connessioni.

c) prese e apparecchi di comando.
Accertamenti:
- ubicazione fuori dalle zone 0-1-2;
- esistenza di interruttore differenziale.

d) apparecchi illuminanti.
Accertamenti:
- di tipo a doppio isolamento con grado di protezione ≥ IP X4.

e) altri apparecchi.
Accertmenti:
- grado di protezione: ≥ IP X1;
- ubicazione fuori dalle zone 0-1-2.

f) scaldacqua elettrico.
Accertamenti:
- rispondenza a norme CEI con marchio italiano di qualità;
- collegamento breve con cavo munito di guaina se ubicato nella zona 1.

g) condutture:
- scatole di derivazione fuori dalle zone 0-1-2;
- linee in tubo di materiale isolante se incassate a profondità ≤ 5 cm.

### *72.2.7. Verifica delle condutture, cavi e connessioni*

La verifica ha lo scopo di accertare che nell'esecuzione dell'impianto siano state rispettate le prescrizioni minime riguardo a:
- sezioni minime dei conduttori rispetto alle prescrizioni delle norme CEI del presente capitolato speciale d'appalto:
- 1, 5 $mm^2$: cavi unipolari isolati in PVC, posati in tubi o canalette;
- 0,5 $mm^2$: circuiti di comando, segnalazione e simili, ecc.
- colori distintivi:
- colore giallo-verde per i conduttori di protezione e di collegamento equipotenziali;
- colore blu chiaro per il neutro
- altri colori (marrone, nero, grigio) per i conduttori di fasi diverse.
- idoneità delle connessioni dei conduttori e degli apparecchi utilizzatori.

Devono essere verificate le dimensioni idonee dei morsetti rispetto al conduttore serrato, le scatole di derivazione e le modalità di connessione. Sono vietate le giunzioni fuori scatola o entro i tubi di protezione.

**Tabella 84.2. Caratteristiche fondamentali dei morsetti e sezioni dei conduttori serrabili (norma CEI 23-21)**

| Grandezza del morsetto | Conduttori serrabili | | Massima forza applicabile al conduttore in estrazione (N) |
|---|---|---|---|
| | Rigidi flessibili ($mm^2$) | Flessibili ($mm^2$) | |
| 0 | - | 1 | 30 |
| 1 | 1,5 | 1,5 | 40 |
| 2 | 2,5 | 2,5 | 50 |
| 3 | 4 | 4 | 50 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 6 | 6 | 60 |
| 5 | 10 | 6 | 80 |
| 6 | 16 | 10 | 90 |
| 7 | 25 | 16 | 100 |
| 8 | 35 | 25 | 120 |

La verifica deve riguardare anche il grado di isolamento dei cavi rispetto alla tensione di esercizio.
Per le prese di corrente, incassate o sporgenti, deve essere verificato che l'asse geometrico delle spine risulti orizzontale e distante almeno 17,5 cm dal pavimento.

### *72.2.8. Verifica dei dispositivi di sezionamento e di comando*

La norma CEI 64-8 distingue quattro fondamentali funzioni dei dispositivi di sezionamento e di comando:
- sezionamento o interruzione per motivi elettrici;
- interruzione per motivi non elettrici;
- comando funzionale;
- comando di emergenza.

La verifica dei dispositivi di sezionamento ha lo scopo di accertare la presenza e la corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e di comando, al fine di consentire di agire in condizioni di sicurezza durante gli interventi di manutenzione elettrica sugli impianti e sulle macchine.
In questa verifica dovranno essere controllati:
- l'interruttore generale, accertando la sua presenza all'inizio di ogni attività di impianto e la sua idoneità alla funzione di sezionamento;
- gli interruttori divisionali, verificando il loro numero e la loro idoneità alla funzione di sezionamento;
- gli interruttori di macchine installati in prossimità delle macchine pericolose per il pubblico e gli operatori (scale mobili, ascensori, nastri trasportatori, macchine utensili, impianti di lavaggio auto, ecc.).

La verifica dei dispositivi di comando per l'arresto di emergenza ha lo scopo di accertare la possibilità di poter agire sull'alimentazione elettrica per eliminare i pericoli dipendenti dal malfunzionamento di apparecchi, macchine o impianti.
In questa verifica devono essere controllati:
- gli interruttori d'emergenza a comando manuale, accertando la loro presenza a portata di mano nei pressi di macchine o apparecchi pericolosi;
- gli apparecchi d'emergenza telecomandati.

Dovranno essere oggetto di verifica:
- interruttori, prese, quadri, scatole di derivazione, apparecchi illuminanti;
- condutture;
- involucri protetti;
- numero dei poli degli interruttori;
- interruttore generale;
- impianto di messa a terra.

### *72.2.9. Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione*

Bisogna verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.
Per cavi e conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL. Inoltre, occorre verificare che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

### *72.2.10. Verifica del rispetto delle prescrizioni del D.M. n. 236/1989, in merito alla collocazione ottimale dei terminali degli impianti elettrici di comando e di segnalazione*

Gli apparecchi elettrici, i quadri generali, i regolatori degli impianti di riscaldamento e condizionamento, nonché

i campanelli, i pulsanti di comando e i citofoni, devono essere - per tipo e posizione planimetrica e altimetrica - tali da permettere un uso agevole anche da parte della persona su sedia a ruote. Devono, inoltre, essere facilmente individuabili anche in condizioni di scarsa visibilità, mediante l'impiego di piastre o pulsanti fluorescenti, ed essere protetti dal danneggiamento per urto.
Gli interruttori, inoltre, devono essere azionabili con leggere pressioni e preferibilmente a tasto largo rispetto a quelli normali, per facilitare i portatori di handicap e i soggetti anziani.
Le indicazioni contenute nel D.M. n. 236/1989, richiamato dal D.M. n. 503/1996, consigliano che i terminali degli impianti elettrici e telefonici siano collocati a un'altezza compresa tra 40 e 140 cm dal pavimento (si veda la tabella 84.3).

**Tabella 84.3. Altezze previste e altezze consigliate per i terminali degli impianti elettrici di comando e di segnalazione**

| Elemento | Altezze previste dal D.M. n. 236/1989 | Altezza consigliata |
|---|---|---|
| Interruttori | Tra 60 cm e 140 cm | Tra 75 cm e 140 cm |
| Campanello e pulsante di comando | Tra 40 e 140 cm | Tra 60 cm e 140 cm |
| Pulsanti bottoniere ascensori | Tra 110 e 140 cm | Pulsante più alto: 120 cm |
| Prese luce | Tra 45 cm e 115 cm | Tra 60 cm e 110 cm |
| Citofono | Tra 110 cm e 130 cm | 120 cm |
| Telefono | Tra 100 cm e 140 cm | 120 cm |

I terminali degli impianti elettrici, in tutti gli ambienti, devono essere collocati in una posizione facilmente percettibile visivamente e acusticamente.

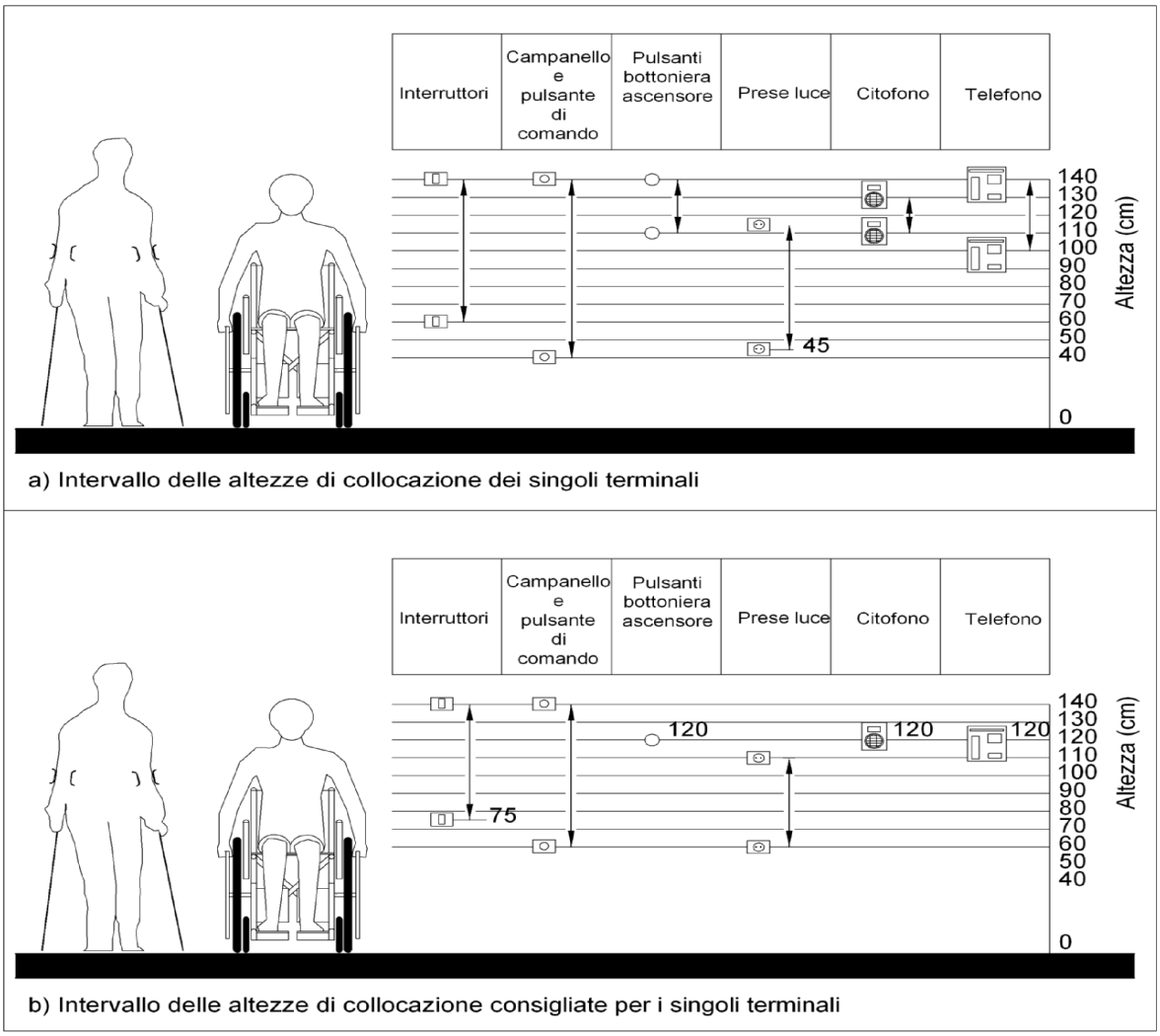


**Figura 84.2**
**Altezze consigliate per i terminali degli impianti elettrici e telefonici**

*72.3. Prove di verifica e controlli*

Le prove consistono nell'effettuazione di misure o di altre operazioni finalizzate a verificare l'efficienza dell'impianto elettrico. La misura deve essere accertata mediante idonea strumentazione.
I controlli possono riguardare:
- la prova della continuità dei conduttori di protezione, compresi i conduttori equipotenziali principali e supplementari;
- la misura della resistenza di isolamento dell'impianto elettrico;
- la misura della resistenza di isolamento dei pavimenti e delle pareti;
- la verifica della separazione dei circuiti;
- la verifica della protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;
- la prova di polarità;
- la prova di tensione applicata;
- le prove di funzionamento alla tensione nominale;
- la verifica della protezione contro gli effetti termici;
- la verifica della caduta di tensione.

### *72.3.1. Prova della continuità dei conduttori di protezione*

La prova della continuità dei conduttori di protezione (norma **CEI 64-8**, **art. 612.2**) consiste nell'accertare la continuità dei conduttori di protezione (PE), del neutro con funzione anche di conduttore di protezione (PEN), dei collegamenti equipotenziali principali (EQP) e supplementari (EQS) e dei conduttori terra (CT).

### *72.3.2. Prova di funzionamento alla tensione nominale*

La prova di funzionamento alla tensione nominale (norma **CEI 64-8**, **art. 612.9**) ha lo scopo di verificare che le apparecchiature, i motori con i relativi ausiliari, i comandi e i blocchi, funzionino regolarmente, senza difficoltà né anomalie, sia in fase di spunto sia in fase di funzionamento gravoso.
Devono essere sottoposti a misure di tensione in ingresso tutti i quadri generali, i quadri principali, i quadri di zona e di reparto, tutte le macchine con potenza superiore a 10 kVA e gli impianti di illuminazione con lampada scarica sia a catodo caldo sia a catodo freddo.

### *72.3.3. Prova d'intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva*

La prova d'intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva (norma **CEI 64-8**, **art. 612.9**) ha lo scopo di accertare che i generatori e gli automatismi destinati a garantire l'alimentazione di apparecchi o parti d'impianto destinati alla sicurezza o alla riserva entrino tempestivamente in funzione, fornendo valore di tensione, frequenza e forma d'onda conformi alle previsioni di progetto.
La prova è di carattere preliminare e ha lo scopo di verificare la correttezza dell'installazione dei collegamenti.
In particolare, l'analisi deve riguardare:
- alimentatori non automatici, verificando i valori di tensione e forma d'onda secondo le previsioni di progetto;
- alimentatori automatici di continuità, verificando i valori di tensione di frequenza e forma d'onda progettuali anche nel periodo transitorio e di commutazione fra rete e alimentazione di sicurezza;
- alimentatori a interruzione breve, verificando il raggiungimento dei valori nominali di tensione di frequenza e forma d'onda nei limiti e nei tempi stabiliti dal progetto o da specifiche norme tecniche;
- alimentatori a interruzione lunga, verificando i valori di tensione, di frequenza e forma d'onda conformi al progetto, assunti entro 15 secondi dall'alimentazione di rete.

La prova deve essere estesa a tutti i dispositivi di sicurezza e di riserva di sicurezza la cui messa in servizio deve essere provocata automaticamente per mancanza di tensione di rete escludendo i casi in cui occorre procedere a commutazione manuale.

### *72.3.4. Prova d'intervento degli interruttori differenziali*

La prova d'intervento degli interruttori differenziali (norma **CEI 64-8**, **art. 612.6.1** e **612.9**) ha lo scopo di accertare il corretto funzionamento degli impianti protetti da interruttori automatici differenziali con l'impianto completo dei principali utilizzatori fissi.
La prova deve essere effettuata provando nel punto campionato una corrente controllata di dispersione pari a 0,5 $I_{\Delta n}$ e il differenziale non deve intervenire. Aumentando la corrente di dispersione fino 1,1 $I_{\Delta n}$, invece, il differenziale deve intervenire.

### *72.3.5. Misura della resistenza d'isolamento dell'impianto*

La misura della resistenza d'isolamento dell'impianto (norma **CEI 64-8**, **art. 612.3**) ha lo scopo di accertare che la resistenza d'isolamento di ciascun tronco di circuito compresa fra due interruttori sia adeguata ai valori prescritti dalle norme CEI.
La resistenza deve essere misurata a impianto sezionato tra ogni coppia di conduttori attivi e tra ogni conduttore attivo e la terra.
Gli utilizzatori fissi devono essere sezionati o scollegati. Nei sistemi TN-C il conduttore PEN va considerato come facente parte dell'impianto di terra. Se l'impianto comprende dispositivi elettronici, si esegue solo la misura d'isolamento tra i conduttori attivi collegati insieme e la terra.

### *72.3.6. Misura della resistenza del dispersore*

Per quanto riguarda il dispersore di piccola e media estensione nei sistemi TT, la misura del valore della sua resistenza di terra (norma **CEI 64-8**, **art. 612.6.2**) ha lo scopo di accertare che esso sia adeguato alle esigenze

d'interruzione delle correnti di guasto a terra.
In particolare, l'analisi deve riguardare:
- il dispersore principale scollegato dall'impianto di protezione e dai dispersori ausiliari, accertando che $R_T \leq 50/I_a$;
- il dispersore principale collegato dall'impianto di protezione e dai dispersori ausiliari, accertando che $R_T \leq 50/I_a$;
La resistenza del dispersore può essere misurata con strumenti che utilizzano il metodo voltamperometrico diretto o indiretto, con tensione di alimentazione a vuoto di 125÷220 V, elettricamente separata dalla rete con neutro a terra.
Per ciò che concerne, invece, il dispersore di grandi dimensioni, la sua resistenza può essere misurata con il metodo del dispersore ausiliario.

#### *72.3.7. Misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto*

La misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto (norma **CEI 64-8**, **art. 612.6.3**) ha lo scopo di accertare che il valore dell'impedenza dell'anello di guasto sia adeguata alle esigenze d'interruzione della corrente di guasto a terra.

#### *72.3.8. Misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro*

La misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro e valutazione (per eccesso) della corrente presunta di corto circuito (norma **CEI 64-8**) ha lo scopo di accertare che il potere d'interruzione degli apparecchi destinati alla protezione contro il corto circuito non sia sufficiente.
La resistenza di corto circuito va misurata all'ingresso dei quadri, a monte dell'interruttore generale tra fase e neutro, con il metodo a prelievo controllato di corrente.

#### *72.3.9. Misura della caduta di tensione*

La misura della caduta di tensione ($\Delta V$), allo studio della norma **CEI-64-8**, **art. 612.11**, ha lo scopo di accertare che le cadute di tensione con l'impianto percorso dalle correnti d'impiego siano contenute entro il 4%, qualora non sia stato diversamente specificato nel presente capitolato speciale d'appalto.
Le misure vengono effettuate con voltmetri elettrodinamici o elettronici aventi classe di precisione non inferiore a 1, quando l'impianto è regolarmente in funzione in orario di punta oppure con simulazione di carico equivalente alle condizioni nominali. Tutte le tensioni devono essere misurate contemporaneamente.

#### *72.3.10. Misura dei segnali in uscita alle prese TV*

La misura dei segnali in uscita alle prese TV ha lo scopo di accertare che i segnali disponibili siano contenuti entro i limiti e minimi e massimi stabiliti dalle norme CEI.
In particolare, l'analisi deve riguardare:
- prese TV vicine all'amplificatore;
- prese TV lontane dall'amplificatore;
- prese TV adiacenti agli impianti centralizzati.
L'accertamento deve effettuarsi su tutte le bande di frequenza distribuite nei periodi di trasmissione del monoscopio, in modo da controllare non solamente la presenza del colore e la quantità del segnale, ma anche l'eventuale presenza di riflessioni o distorsioni dell'immagine.

### *72.4. Calcoli di controllo*

#### *72.4.1. Controllo del coefficiente di stipamento*

Il controllo del coefficiente di stipamento ha lo scopo di verificare la corretta posa in opera dei cavi, valutando se i parametri rispettano le prescrizioni della norma **CEI 64-8**.
L'analisi dovrà riguardare:
- condutture entro tubi incassati sotto intonaco: il diametro interno del tubo deve essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 10 mm;
- condutture entro tubi a vista: il diametro interno del tubo deve essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro

del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 10 mm;
- condotti circolari: il diametro interno del condotto deve essere almeno 1,8 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 15 mm;
- condutture in canalette, canali e passarelle a sezione non circolare: la superficie interna delle canalette e dei canali deve essere almeno il doppio della superficie retta occupata dal fascio di cavi.
I dati di calcolo vanno desunti dalle caratteristiche dimensionali nominali dei tubi e dei cavi elettrici.
Il cerchio e la sezione retta circoscritti ai fasci di cavi contenuti possono essere valutati sperimentalmente.

*72.4.2. Controllo del coordinamento fra correnti d'impiego e portate dei conduttori*

Il controllo ha lo scopo di verificare il corretto dimensionamento dei conduttori in relazione alle correnti d'impiego alle portate dei conduttori e i dispositivi di protezione contro i sovraccarichi installati.
L'analisi dovrà riguardare:
- i circuiti terminali di allacciamento di un solo utilizzatore;
- i circuiti dorsali o principali;
- le portate dei conduttori;
- la protezione dei conduttori dal sovraccarico nei casi previsti dalla norma **CEI 64-8**.

*72.4.3. Controllo del coordinamento fra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi*

Il controllo del coordinamento fra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi ha lo scopo di verificare che gli apparecchi installati siano idonei a funzionare e a sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche che si verificano nel loro punto d'installazione durante un corto circuito.

## Art. 73. **Impianti di trasmissione dati di tipo Wi-Fi**

L’impianto/apparato per realizzazione di una infrastruttura di trasmissione dati di tipo Wi-Fi finalizzata all’utilizzo in mobilità delle principali procedure informatiche sanitarie e amministrative aziendali deve avere le seguenti caratteristiche minime:
- N. Access Point (AP) indicativi per una buona copertura: almeno 20 - AP wi-fi IEEE 802.11n fino ad almeno 300 Mbit/s (ovvero almeno 2x2:2 MIMO, cioè con almeno 2 antenne riceventi e almeno 2 trasmittenti) e dual radio (2,4 e 5 GHz); gli AP dovranno comunque avere la possibilità di funzionare in modalità stand-alone e prevedere future implementazioni con dei wlan controller.

## Art. 74. **Impianti di illuminazione. Verifiche illuminotecniche**

*74.1. Generalità*

Le operazioni delle verifiche dell'impianto illuminotecnico sono simili a quelle di un impianto elettrico e comprendono:
- esami a vista;
- rilievi strumentali;
- calcoli di controllo.

*74.2. Esami a vista*

L'esame a vista è condotto dal direttore dei lavori sulla base della documentazione di progetto. Dovrà essere verificata la rispondenza degli apparecchi di illuminazione installati, completi di tutti gli accessori, siano rispondenti alle prescrizioni progettuali e in particolare del capitolato speciale d'appalto.

### *74.3. Impianti di illuminazione interna*

Gli impianti di illuminazione interna devono essere verificati eseguendo misure dirette alla determinazione:
- dell'illuminamento medio e dell'uniformità;
- della luminanza nel campo visivo;
- dell'abbagliamento prodotto dall'impianto,
- del contrasto del testo stampato con inchiostro nero su carta bianca.

#### *74.3.1. Misura dell'illuminamento medio e dell'uniformità*

##### *74.3.1.1. Misura dell'illuminamento medio*

La misura dell'illuminamento medio ha lo scopo di accertare che i livelli e l'uniformità di illuminamento siano conformi alle prescrizioni contrattuali.
In particolare, l'analisi deve riguardare:
- impianti di illuminazione generale:
- illuminamento massimo in lux ≥ dati di progetto;
- lux max/lux min ≤ dati di progetto.
- impianti di illuminazione concentrata:
- illuminamento medio sul piano interessato ≥ dati di progetto;
- impianti di illuminazioni esterna:
- illuminamento minimo nell'area illuminata lux ≥ dati di progetto;
- lux max/lux min ≤ 4 (se il progetto non prevede condizioni più gravose).

La misura dell'illuminamento artificiale deve essere eseguita in assenza totale di luce naturale. Durante il giorno è perciò essenziale oscurare gli infissi con elementi in vetro.
L'illuminamento deve essere misurato mediante un reticolo, costruito in funzione dell'indice del locale ed eseguendo la misura al centro di ogni maglia.
La misurazione deve essere eseguita mediante un luxmetro, con precisione non inferiore a 5%, posto in posizione orizzontale a 85-90 cm dal pavimento per attività da svolgere in piedi e all'altezza del compito visivo nel posto di lavoro, solitamente 75 cm. La cellula deve essere disposta perpendicolarmente alla direzione del flusso luminoso e la lettura deve essere effettuata a cellula ferma.

**Tabella 85.1. Valori di illuminamento raccomandati**

| Compito visivo | Ambiente | Illuminamento (lux) |
|---|---|---|
| Visione generale | Scale, corridoi | 70-100 |
| Lavori manuali grossolani | Magazzini | 100-200 |
| Lettura, scrittura | Uffici | 200-400 |
| Studio e lavori impegnativi | Scuole | 300-500 |
| Disegno e lavori di precisione | Uffici tecnici, laboratori | oltre 500 |

#### *74.3.2. Misura di luminanza nel campo visivo*

La luminanza deve essere misurata con il luminanzometro fissato su supporto orientabile e regolabile in altezza sulle superfici. L'angolo di apertura dello strumento è solitamente ≤ 1°. Lo strumento deve essere puntato nella direzione di osservazione dell'utente durante l'attività lavorativa, eseguendo le misure:
- del compito visivo;
- dello sfondo che contiene il compito visivo;
- delle zone periferiche circostanti il compito visivo;
- delle zone verticali più lontane poste di fronte all'osservatore.

#### *74.3.3. Abbagliamento*

Il grado di abbagliamento (o indice di abbagliamento) è un parametro di tipo convenzionale per la valutazione dell'effetto provocato all'osservatore.
L'abbagliamento può essere valutato mediante appositi diagrammi relativi a ogni apparecchio, che forniscono la luminanza limite di abbagliamento al variare dell'angolo visivo da 45° a 85°, riferito a ogni classe di qualità in corrispondenza al livello di illuminamento previsto. Il controllo dell'abbagliamento deve essere eseguito sulla base della relazione geometrica tra l'apparecchio e l'osservatore rivolto verso lo stesso.

**Tabella 85.2. Classi di qualità per la limitazione dell'abbagliamento**

| Tipo di compito o attività | Grado di abbagliamento | Classe di qualità |
|---|---|---|
| Compiti visivi molto difficoltosi | 1,15 | A |
| Compiti visivi che richiedono prestazioni visive elevate | 1,5 | B |
| Compiti visivi che richiedono prestazioni visive normali | 1,85 | C |
| Compiti visivi che richiedono prestazioni visive modeste | 2,2 | D |
| Interni dove le persone non sono confinate in una posizione di lavoro precisa, ma si spostano da un posto all'altro esplicando compiti che richiedono prestazioni visive modeste | 2,5 | E |

*74.3.4. Misura del contrasto*

Un importante fattore da controllare, in fase di verifica dell'impianto, è la resa del contrasto che può definirsi la valutazione dell'aspetto di due zone del campo visive viste simultaneamente.

**Tabella 85.3. Classi di qualità per la resa del contrasto**

| Classi di qualità per la resa del contrasto | CRF.R | Aree di applicazione per lettura e scrittura |
|---|---|---|
| I | ≥ 1,00 | Interni ove si usano prevalentemente materiali lucidi (per esempio, sale per composizione tipografica) |
| II | ≥ 0,85 | Materiali lucidi usati saltuariamente (per esempio, uffici e scuole normali) |
| III | ≥ 0,70 | Interni dove i materiali sono normalmente diffondenti (per esempi, scuole e certi tipi di uffici) |

# Capitolo 8. IMPIANTO DI COGENERAZIONE

## Art. 75. **Caratteristiche di accettabilità dell'impianto di cogenerazione**

Ai fini dell'ottenimento dei risultato di risparmio energetico e riduzione delle emissioni ad origine del presente intervento, ferma restando la libertà dell'appaltatore di proporre apparecchiature del produttore che venga ritenuto migliore, gli impianti stessi rispettare le caratteristiche minime indicate.

- Potenza elettrica nominale pari a circa 637 kWe, con tolleranza massima -5/+15% (ai fini di consentire la massima partecipazione);
- Alternatore di tipo sincrono;
- Rendimento elettrico nominale a pieno carico, misurato come di seguito specificato, pari o superiore al 39,60% (trentanove,sessanta percento) SENZA tolleranza;
- Recupero termico a pieno carico sul solo circuito idraulico ad alta temperatura (75/90°C), misurato come di seguito specificato, pari o superiore al 47,20% (quarantasette,venti percento) SENZA tolleranza;
- Emissioni di NOx pari o inferiori a 250 mg/Nm3 e di CO pari o inferiori a 300 mg/Nm3 (gas secchi rif. 5% O2), ottenute SENZA impiego di abbattitori ad urea o similari, corrispondenti ai requisiti minimi di legge per tutti gli altri parametri.

Ove per "senza tolleranza" si intende che il valore dichiarato verrà considerato garantito, indipendentemente dalle tolleranze normalmente previste, es. 0/+5% sulla potenza introdotta, -8/+8 sul recupero termico (e cioè come valore limite inferiore del campo di tolleranza stesso).

In fase di collaudo delle opere gli impianti saranno sottoposti a verifica delle prestazioni dichiarate, in caso di dichiarazioni non veritiere si procede ai sensi dell'art.227 e 232 del DPR 207 del 2010.

I requisiti minimi di rendimento sopra specificati dovranno essere riferiti alle seguenti condizioni, che saranno a loro volta di riferimento per la verifica in sede di collaudo:

- Tutti i valori misurati/calcolati secondo quanto previsto alle norme DIN ISO 3046 e DIN 6271, riferite alle condizioni standard e a giri nominali;

- Potenza elettrica considerata secondo la normativa VDE 0530 REM / IEC-34.1 con la relativa tolleranza, al fattore di cosphi nominale dell'impianto (pari a 1,0 per i modelli con alternatore sincrono);
- Impianto in funzionamento al 100% della potenza nominale da almeno 1 ora, prima dell'inizio delle misurazioni;
- Potenza complessiva introdotta entro il limite 0/+5% rispetto alla nominale dichiarata;
- Potere calorifico inferiore del gas naturale pari a 34,53 MJ/Nm3.

## Art. 76. **Impianto di cogenerazione, caratteristiche minime per conseguire la condizione di Alto rendimento (CAR)**

### *76.1. Generalità*

L'impianto di cogenerazione deve avere le caratteristiche per conseguire il riconoscimento della condizione di Alto Rendimento (CAR), pertanto è necessario fare riferimento ai criteri, validi a partire dal 1° gennaio 2011, indicati nell'Allegato III del DM 4 agosto 2011.
In particolare, al punto 2, si definisce come la Cogenerazione ad Alto Rendimento risponda ai seguenti due requisiti:
1. per le unità con capacità di generazione di almeno 1 MWe, permette di conseguire un risparmio di energia primaria, calcolato in conformità ai criteri espressi all'interno del DM 4 agosto 2011, pari almeno al 10%;
2. per le unità con capacità di generazione inferiore a 1 MWe (piccola e micro-cogenerazione) permette di conseguire un risparmio di energia primaria, sempre calcolato in conformità al medesimo Decreto.
La condizione alla quale la produzione combinata di energia elettrica e calore può ottenere la qualifica di "cogenerazione ad alto rendimento" è basata sul parametro PES, acronimo di Primary Energy Saving ovvero Risparmio di Energia Primaria. Il PES esprime, in realtà, il risparmio relativo di energia primaria realizzabile da un impianto di cogenerazione rispetto ad impianti separati per la produzione di energia termica ed energia elettrica.
La condizione da soddisfare per riconoscere che una data unità funzioni in CAR (Cogenerazione ad Alto Rendimento) consiste nel raggiungimento di un risparmio di energia primaria (PES) superiore ad un valore minimo prestabilito, differenziato in funzione della classe di potenza dell'unità cogenerativa, ovvero:

- PES $\geq$ 0,1 (10%) per le unità di cogenerazione con capacità di generazione almeno pari a 1 MWe;
- PES > 0 per le unità di piccola e micro-cogenerazione.

Il parametro funzionale alla differente classificazione è la capacità di generazione o potenza dell'unità, definita nella lettera e) del paragrafo "Definizioni" delle "Linee guida per l'applicazione del Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 5 settembre 2011 – Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR)" (di seguito "Linee Guida) come "somma delle potenze attive nominali dei generatori che costituiscono l'unità. La potenza attiva nominale di un generatore è la massima potenza attiva determinata moltiplicando la potenza apparente nominale per il fattore di potenza nominale, entrambi riportati sui dati di targa del generatore medesimo".
Si definisce, quindi, "unità di piccola cogenerazione" l'unità di cogenerazione caratterizzata da una capacità di generazione o potenza dell'unità minore di 1 MWe.
Si definisce inoltre "unità di micro-cogenerazione" l'unità di cogenerazione caratterizzata da una capacità di generazione o potenza dell'unità minore di 50 kWe.

Il risparmio di energia primaria che la cogenerazione permette di ottenere rispetto alla produzione separata delle stesse quantità di energia elettrica e termica deve essere calcolato con riferimento all'intera produzione di energia elettrica ed energia associata al combustibile consumato durante l'intero anno di rendicontazione o con riferimento alle sole quantità di energia elettrica ed energia associata al combustibile consumato qualificabili come cogenerative

Per quanto riguarda il risparmio di energia primaria nell'impianto cogenerativo, si può scrivere

$$\Delta E_c = \left( \frac{E_t}{\eta_t} + \frac{E_e}{\eta_e} \right) - E_c$$

dove, su base annuale, Ec = mcHi è l'energia primaria immessa sotto forma di combustibili commerciali, mentre Et ed Ee sono, rispettivamente, l'energia termica e l'energia elettrica prodotte. Di conseguenza Et/ηt ed Ee / ηe con ηt rendimento termico di un generatore convenzionale di calore ed ηe rendimento di conversione di un ciclo diretto convenzionale, si possono interpretare come energie primarie immesse negli impianti convenzionali per la produzione separata di calore e lavoro.
A questo punto si può notare che, nell'espressione precedente, la quantità entro parentesi è l'energia primaria totale immessa e gli impianti convenzionali. Pertanto, dividendo per tale quantità entrambi i membri della suddetta equazione, si perviene alla definizione cercata

$$PES = \frac{\Delta E_c}{\frac{E_t}{\eta_t} + \frac{E_e}{\eta_e}} = 1 - \frac{1}{\frac{E_t}{\eta_t E_c} + \frac{E_e}{\eta_e E_c}}$$

Che è un'espressione adimensionale del risparmio di energia primaria realizzato con l'impianto cogenerativo rispetto agli impianti convenzionali separati.
In Italia, i benefici collegati alla qualifica di impianto di cogenerazione ad alto rendimento sono diversi. Tra essi, si hanno

- l'esonero dall'obbligo di acquisto dei Certificati Verdi per l'energia elettrica prodotta in
- cogenerazione;
- la possibilità di ottenere i Certificati Bianchi per la parte di energia primaria risparmiata;
- la precedenza nell'ambito del dispacciamento per l'energia elettrica prodotta in cogenerazione;
- la riduzione del carico fiscale sull'accisa del gas naturale;
- la semplificazione delle condizioni tecnico-economiche per la connessione alla rete elettrica
- nazionale;
- l'accesso, in alcuni casi precisati nella normativa, alle modalità di cessione dell'energia
- elettrica attraverso lo Scambio sul Posto ed il Ritiro Dedicato.

In particolare, si fa notare che i valori di rendimento, sia minimi come previsto dal presente paragrafo, saranno considerati come valori limite privi di tolleranza; in sede di collaudo, cioè, il valore effettivamente misurato come specificato sopra dovrà essere superiore (maggiore o uguale) al valore specificato (salvo l'errore insito negli strumenti di misura) qualunque sia lo scostamento degli altri parametri dai valori nominali (purché all'interno di quelli previsti dalle condizioni di riferimento specificate), pena l'applicazione delle previste penali.

### Art. 77. **Caratteristiche minime dell'impianto di cogenerazione**

L'impianto dev'essere costituito da un modulo di cogenerazione con alternatore sincrono trifase per esercizio in parallelo con la rete, dotato delle caratteristiche tecniche sotto riportate
Il cogeneratore dev'essere progettato per integrarsi nella rete di produzione dell'acqua calda della centrale termica dell'Ospedale; il circuito di recupero termico, sarà inserito in serie sul circuito di ritorno principale delle caldaie, in modo da cedere a quest'ultimo l'intero ammontare dell'energia termica recuperata (facendo quindi attivare i generatori di calore solo in caso di richies ta di potenza termica superiore).

| **Dati con:** | | | | **Pieno carico** | **Carico parziale** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Potere calorifico inferiore del gas (PCI) | | kWh/Nm$^3$ | | 9,5 | | |
| | | | | 100% | 75% | min. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Potenza introdotta | | kW | | 1.601 | 1.233 | 866 |
| Quantità di gas | | $Nm^3/h$ | *) | 169 | 130 | 91 |
| Potenza meccanica | | kW | | 657 | 493 | 328 |
| Potenza elettrica | | kW el. | | 637 | 477 | 316 |
| Potenze termiche recuperabili | | | | | | |
| ~ Primo stadio intercooler | | kW | | 99 | | |
| ~ Olio | | kW | | 79 | | |
| ~ Acqua di raffreddamento motore | | kW | | 210 | | |
| ~ Gas di scarico raffreddati a 120 °C | | kW | | 345 | | |
| Potenza termica complessiva | | kW | | 733 | | |
| Potenza erogata complessiva | | kW totale | | 1.369 | | |
| | | | | | | |
| Potenza termica da dissipare | | | | | | |
| ~ Secondo stadio intercooler | | kW | | 75 | | |
| ~ Olio | | kW | | ~ | | |
| ~ Calore in superficie | ca. | kW | | 62 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Consumo specifico del motore | | kWh/kWh | | 2,44 | | |
| Consumo olio motore | ca. | kg/h | | 0,20 | | |
| Rendimento elettrico | | % | | 39,8% | | |
| Rendimento termico | | % | | 45,8% | | |
| Rendimento complessivo | | % | | 85,5% | | |
| | | | | | | |
| Circuito acqua calda: | | | | | | |
| Temperatura di mandata | | °C | | 95,0 | | |
| Temperatura di ritorno | | °C | | 83,0 | | |
| Portata nominale | | $m^3/h$ | | 52,4 | | |

*) Valore indicativo per il dimensionamento della tubazione, $Sm^3=Nm^3$ x 1,055
[_] Spiegazioni: vedi voce 0.10 - Parametri tecnici

I dati termici si riferiscono alle condizioni di riferimento riportate nel PARAGRAFO 9.3.1.1. In caso di scostamenti da queste condizioni, possono esserci variazioni nei bilanci termici. Questi scostamenti devono essere considerati nel dimensionamento dei circuiti di dissipazione ( emergenza, intercooler, ...). Sulla tolleranza del ±8 % inerente la potenza termica recuperabile si consiglia di considerare per il progetto del recupero un'ulteriore tolleranza del +10 %.

**Dimensioni principali e pesi (sul container)**

| | | |
|---|---|---|
| Lunghezza | mm | ~ 12.200 |
| Larghezza | mm | ~ 2.500 |
| Altezza | mm | ~ 2.600 |
| Peso a secco | kg | ~ 20.500 |
| Peso pronto per l'esercizio | kg | ~ 21.600 |

**Raccordi**

| | | |
|---|---|---|
| Ingresso ed uscita acqua calda | DN/PN | 80/10 |
| Uscita gas di scarico | DN/PN | 250/10 |
| Raccordo gas (sul container) | mm | 80/16 |
| Raccordo olio fresco | G | 28x2" |
| Raccordo olio esausto | G | 28x2" |
| Uscita cavi | mm | 800x400 |

| | | |
|---|---|---|
| Scarico condensa | mm | 18 |

**Potenza / Consumo**

| | | |
|---|---|---|
| Potenza standard ISO-ICFN | kW | 657 |
| Press. media eff. a carico nom. e velocità nom. | bar | 18,00 |
| Tipo di gas | | Gas naturale |
| Numero metanico di riferimento\|Numero metanico minimo | MZ d) | 94\|60 |
| Rapporto di compressione | Epsilon | 12,50 |
| Range ammesso di pressione del gas all'entrata della rampa | mbar | 80 - 200 c) |
| Range di pressione del flusso del gas di combustione ammesso | % | ± 10 |
| Velocitá massima di variazione pressione gas | mbar/sec | 10 |
| Temperatura massima raffreddamento intercooler 2° stadio | °C | 40 |
| Consumo specifico del motore | kWh/kWh | 2,44 |
| Consumo specifico olio lubrificante | g/kWh | 0,30 |
| Temperatura olio mass. | °C | 90 |
| Temperatura mass. acqua raffreddamento motore | °C | 95 |
| Volume cambio olio | lit | ~ 216 |

c) Pressione di gas inferiore su richiesta
d) Basato sul programma di calcolo del numero metanico AVL 3.1 (calcolato senza N2 e CO2)

**Dati Tecnici del Motore**

| | | |
|---|---|---|
| Ciclo di funzionamento | | 4-tempi |
| Disposizione cilindri | | V 70° |
| Numero cilindri | | 12 |
| Alesaggio | mm | 135 |
| Corsa | mm | 170 |
| Cilindrata | lit | 29,20 |
| Velocità nominale | rpm | 1.500 |
| Velocitá media del pistone | m/s | 8,50 |
| Lunghezza | mm | 2.400 |
| Larghezza | mm | 1.457 |
| Altezza | mm | 2.065 |
| Peso a secco | kg | 3.200 |
| Peso pronto per l'esercizio | kg | 3.530 |
| Momento d'inerzia del volano | $kgm^2$ | 7,77 |
| Senso di rotazione (visto lato volano) | | a sinistra |
| Livello dist. radio sec. VDE 0875 | | N |
| Motorino d'avviam.: pot. | kW | 7 |
| Motorino d'avviam.: tensione | V | 24 |

**Potenze termiche**

| | | |
|---|---|---|
| Potenza introdotta | kW | 1.601 |
| Intercooler | kW | 174 |
| Olio | kW | 79 |
| Acqua di raffreddamento motore | kW | 210 |
| Gas di scarico raffreddati a 180 °C | kW | 280 |
| Gas di scarico raffreddati a 100 °C | kW | 366 |
| Calore in superficie | kW | 33 |

**Dati gas di scarico**

| | | |
|---|---|---|
| Temperatura gas di scarico a pieno carico | °C | 433 |
| Temperatura gas di scarico a BMEP= 13,5 [bar] | °C | ~ 461 |
| Temperatura gas di scarico a BMEP= 9 [bar] | °C | ~ 485 |
| Portata gas di scarico umido | kg/h | 3.547 |
| Portata gas di scarico secco | kg/h | 3.291 |
| Volume gas di scarico umido | $Nm^3/h$ | 2.817 |
| Volume gas di scarico secco | $Nm^3/h$ | 2.498 |
| Contropressione mass. gas di scarico all'uscita motore | mbar | 60 |
| Portata aria | kg/h | 3.436 |
| Volume aria | $Nm^3/h$ | 2659 |
| Massima perdita di carico ammissibile filtri in aspirazione | mbar | 10 |

**Livello Sonoro**

| | | |
|---|---|---|
| Aggregato b) | dB(A) re | 95 |
| 31,5 Hz | dB | 80 |
| 63 Hz | dB | 87 |
| 125 Hz | dB | 91 |
| 250 Hz | dB | 91 |
| 500 Hz | dB | 90 |
| 1000 Hz | dB | 89 |
| 2000 Hz | dB | 86 |
| 4000 Hz | dB | 86 |
| 8000 Hz | dB | 89 |
| Gas di scarico a) | dB(A) re 20µPa | 115 |
| 31,5 Hz | dB | 108 |
| 63 Hz | dB | 119 |
| 125 Hz | dB | 113 |
| 250 Hz | dB | 117 |
| 500 Hz | dB | 112 |
| 1000 Hz | dB | 111 |
| 2000 Hz | dB | 103 |
| 4000 Hz | dB | 101 |
| 8000 Hz | dB | 98 |

**Potenza sonora**

| | | |
|---|---|---|
| Aggregato | dB(A) re 1pW | 115 |
| superficie di misura | $m^2$ | 98 |
| Gas di scarico | dB(A) re 1pW | 123 |
| superficie di misura | $m^2$ | 6,28 |

a)I valori menzionati sono pressioni sonore misurate secondo DIN 45635, distanza 1 m, con propagazione semisferica in ambiente riflettente.
b)I valori menzionati sono pressioni sonore (riferite in condizioni di campo libero) secondo DIN 45635 classe di precisione 3 distanza di misura 1 m.
Gli spettri valgono per moduli fino a una pme di17,7 bar. (aggiungere un margine di 1 dB su tutti i valori per ogni aumento di 1 bar di pressione).
Con funzionamento a 1200 giri/min sono le stesse, con 1800 giri/min sono da aumentare di 3 dB.
Tolleranza macchina ±3DB

**Dati Tecnici del Generatore**

| | | |
|---|---|---|
| Potenza omologata | kVA | 785 |

| | | |
|---|---|---|
| Potenza meccanica introdotta | kW | 657 |
| Potenza attiva a cos phi = 1,0 | kW | 637 |
| Potenza attiva a cos phi = 0,8 | kW | 628 |
| Potenza apparente a cos phi = 0,8 | kVA | 785 |
| Potenza reattiva nominale a cos phi = 0,8 | kVar | 471 |
| Corrente nominale a cos phi = 0,8 | A | 1.133 |
| Frequenza | Hz | 50 |
| Tensione | V | 400 |
| Giri | rpm | 1.500 |
| Velocità di fuga | rpm | 1.800 |
| Fattore di potenza (ritardo – anticipo) | | 0,8 - 0,95 |
| Rendimento a cos phi = 1,0 | % | 96,9% |
| Rendimento a cos phi = 0,8 | % | 95,6% |
| Momento d'inerzia del volano | $kgm^2$ | 11,31 |
| Massa | Kg | 1.870 |
| Livello dist. radio sec. VDE 0875 | | N |
| Forma costruttiva | | IMB 24 |
| Grado di protezione | | IP 23 |
| Classe d'isolamento | | H |
| rialzo di temperatura (con potenza meccanica) | | F |
| Temperatura ambientale massima | °C | 40 |

**Reattanze e costanti di Tempo (saturo)**

| | | |
|---|---|---|
| xd Reattanza sincrona secondo l´asse diretto | p.u. | 2,09 |
| xd' Reattanza transitoria secondo l´asse diretto | p.u. | 0,13 |
| xd" Reattanza subtransitoria secondo l´asse diretto | p.u. | 0,10 |
| x2 reattanza di sequenza inversa | p.u. | 0,11 |
| Td" Costante di tempo subtransitoria della corrente di c.to c.to | ms | 10 |
| Ta Costante di tempo - corrente continua | ms | 15 |
| Tdo' Costante di tempo transitoria a vuoto | S | 2,60 |

## Art. 78. **Procedura di installazione allacciamento e messa in funzione dell'impianto di cogenerazione**

Il cogeneratore deve essere posato su idonea area antistante la centrale termica, nella posizione indicata sulle tavole di progetto, ed alloggiato all'interno di una cofanatura insonorizzata.
Per le dimensioni e gli ingombri dei macchinari e delle relative fasce di rispetto, si deve fare riferimento a quanto riportato nelle tavole di progetto, considerando che rispetto alle dimensioni della cofanatura, il telaio esterno avrà le seguenti misure di rispetto:

- fascia di rispetto di 1 metro tutto intorno ai quattro lati del modulo;
- altezza netta pari a 4 metri.

Il montaggio dell'apparecchiatura deve avvenire per singoli componenti, a cura della casa costruttrice.
All'esterno della centrale di cogenerazione deve essere predisposto idoneo interruttore di sgancio delle apparecchiature, per mettere fuori uso volutamente l'intero macchinario; il sistema deve altresì essere dotato di un sensore di presenza rete, che ne inibisca la funzionalità (e ne causi l'immediato arresto se funzionante) in caso di mancanza di tensione della rete di distribuzione (in quanto non idoneo al funzionamento in parallelo con i gruppi elettrogeni di soccorso della rete elettrica ospedaliera).
Sulle prese d'aria di aspirazione per l'aria di adduzione al cogeneratore, deve essere predisposto idoneo filtro di

classe di filtrazione G3 secondo EN 779; esse devono inoltre essere dotate di silenziatori atti ad abbattere il rumore generato.
Una volta ultimati i collegamenti idraulici ed elettrici si deve effettuare l'avviamento del gruppo, mediante la seguente sequenza di operazioni da parte di personale tecnico specificamente incaricato dal costruttore dell'impianto:
- fornitura dei fluidi di primo riempimento (olio, glicole etilenico, acido batterie);
- verifica dei collegamenti idraulici ed elettrici;
- test di avviamento a vuoto del gruppo;
- prove in potenza del gruppo con rilevazione e controllo dei parametri funzionali;
- impostazione dei parametri del gruppo;
- rilievo delle emissioni (in termini di CO e NOx).

Al termine delle operazioni deve essere rilasciato idoneo verbale di collaudo.

### Art. 79. **Procedura di attivazione dell'impianto di cogenerazione**

Il collaudo dell'impianto di cogenerazione deve essere eseguito in fabbrica, alla presenza della DLL e del collaudatore in corso d'opera.
Per ottenere l'approvazione dell'impianto la ditta appaltatrice deve presentare, in sede di sottomissione dei materiali, idonea documentazione tecnica comprovante il corretto engineering dell'apparecchiatura, costituita dai seguenti elaborati:
- schema funzionale dell'impianto di cogenerazione;
- schema multifilare del quadro di comando, controllo e potenza;
- manualistica, compreso il piano di manutenzione dell'impianto.

Terminata l'installazione, verranno espletate le pratiche per l'attivazione del modulo di cogenerazione, ai fini di ottenerne autorizzazione all'esercizio, riconoscimento del regime di scambio sul posto, accesso alle incentivazioni previste dal meccanismo dei certificati bianchi; tali pratiche riguardano le comunicazioni ai seguenti enti:
- UTF;
- AEEG;
- GSE;
- Terna;
- ENEL;
- PDC e pratiche per l'autorizzazione alle emissioni in atmosfera (ove necessario).

Si intendono compresi altresì gli oneri per la taratura in campo del dispositivo di protezione rete (SVF 5740), nonché del gruppo di misura dell'energia elettrica ai fini UTF, con rilascio delle opportune certificazioni e relazioni tecniche.
L'impianto di cogenerazione sarà inoltre completato con l'aggiunta di idonei sistemi di contabilizzazione del calore e dell'energia elettrica prodotti, ai fini dell'ottenimento degli incentivi previsti dal regime dei certificati bianchi. I conta-calorie ed i wattmetri integratori (o altri sistemi idonei) saranno conformi alle prescrizioni della scheda 21 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, nonché alle specifiche UTIF.
L'alloggiamento del gruppo, del quadro di comando e controllo e del quadro BT di potenza deve essere previsto in un container realizzato in profilati di acciaio elettro-saldato, con pannelli sandwich in lamiera d'acciaio recanti all'interno lana minerale ignifuga con isolamento acustico, 60 dB(A) + 10 m di distanza (ISO 3744), e finito con verniciatura epossidica.
L'impianto deve essere installato nell'area antistante al blocco tecnologico (Corpo H) al servizio dell'Ospedale.

# Capitolo 9. OPERE FOGNARIE, ILLUMINAZIONE E STRADALI

**Sezione I**

## Collocazione di tubazioni

### Art. 80. Scavi delle trincee, coordinamento altimetrico e rispetto delle livellette per la posa in opera delle tubazioni

*80.1. Generalità*

Gli scavi per la posa in opera delle tubazioni devono essere costituiti da tratte rettilinee (livellette) raccordate da curve. Qualora fossero necessarie deviazioni, si utilizzeranno i pezzi speciali di corrente produzione o combinazioni delle specifiche tubazioni. L'andamento serpeggiante, sia nel senso altimetrico sia in quello planimetrico, dovrà essere quanto più possibile evitato.

La larghezza degli scavi dovrà essere tale da garantire la migliore esecuzione delle operazioni di posa in opera in rapporto alla profondità, alla natura dei terreni, ai diametri delle tubazioni e ai tipi di giunti da eseguire.

In corrispondenza delle giunzioni dei tubi e dei pezzi speciali devono praticarsi, entro lo scavo, bocchette o nicchie, allo scopo di facilitare l'operazione di montaggio.

L'appaltatore ha l'obbligo di effettuare, prima dell'inizio dei lavori, il controllo e il coordinamento delle quote altimetriche delle fognature esistenti alle quali la canalizzazione da costruire dovrà eventualmente collegarsi.

Qualora, per qualunque motivo, si rendessero necessarie modifiche alle quote altimetriche di posa delle condotte o ai salti di fondo, prima dell'esecuzione dei relativi lavori, sarà necessaria l'autorizzazione della direzione dei lavori.

In caso di inosservanza a quanto prescritto e per le eventuali variazioni non autorizzate della pendenza di fondo e delle quote altimetriche, l'appaltatore dovrà, a propria cura e spese, apportare tutte quelle modifiche alle opere eseguite che, a giudizio della direzione dei lavori, si rendessero necessarie per garantire la funzionalità delle opere in appalto.

Non sono ammesse contropendenze o livellette in piano. Eventuali errori d'esecuzione della livelletta che, a giudizio insindacabile della direzione dei lavori o del collaudatore, siano giudicati accettabili in quanto non pregiudicano la funzionalità delle opere, non daranno luogo all'applicazione di oneri a carico dell'appaltatore.

Qualora, invece, detti errori di livelletta, a giudizio insindacabile della direzione dei lavori o del collaudatore, dovessero pregiudicare la funzionalità delle opere, si applicheranno le penali previste dal presente capitolato.

Le radici degli alberi in corrispondenza della trincea nella zona interessata all'attraversamento della condotta devono essere accuratamente eliminate.

*80.2. Attraversamenti di manufatti*

Nel caso si debbano attraversare dei manufatti, si deve assolutamente evitare di murare le tubazioni negli stessi, in quanto ciò potrebbe provocare la rottura dei tubi agli incastri in dipendenza degli inevitabili, anche lievi, assestamenti delle tubazioni e del manufatto. Bisogna, invece, provvedere alla creazione di un certo spazio fra muratura e tubo, fasciando quest'ultimo per tutto lo spessore del manufatto con cartone ondulato o cemento plastico.

Ad ogni modo, è sempre buona norma installare un giunto immediatamente a monte e uno immediatamente a valle del tratto di tubazione che attraversa la parete del manufatto; eventuali cedimenti saranno così assorbiti dall'elasticità dei giunti più vicini.

*80.3. Interferenze con servizi pubblici sotterranei*

Prima dell'inizio dei lavori di scavo, sulla scorta dei disegni di progetto e/o mediante sopralluoghi con gli incaricati degli uffici competenti, bisogna determinare con esattezza i punti dove la canalizzazione interferisce con servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili, nonché manufatti in genere).

Nel caso di intersezione, i servizi interessati devono essere messi a giorno e assicurati solo alla presenza di incaricati degli uffici competenti. In ogni caso, se dovesse essere scoperto un condotto non in precedenza segnalato, appartenente a un servizio pubblico sotterraneo, o dovesse verificarsi un danno allo stesso durante i lavori, l'appaltatore dovrà avvertire immediatamente l'ufficio competente.

I servizi intersecati devono essere messi a giorno mediante accurato scavo a mano, fino alla quota di posa della

canalizzazione, assicurati mediante un solido sistema di puntellamento nella fossa e - se si tratta di acquedotti - protetti dal gelo nella stagione invernale, prima di avviare i lavori generali di escavazione con mezzi meccanici.
Le misure di protezione adottate devono assicurare stabilmente l'esercizio dei servizi intersecati. Qualora ciò non sia possibile, su disposizione della direzione dei lavori, sentiti gli uffici competenti, si provvederà a deviare dalla fossa i servizi stessi.
Saranno a carico della stazione appaltante esclusivamente le spese occorrenti per quegli spostamenti dei pubblici servizi che, a giudizio della direzione dei lavori, risultino strettamente indispensabili. Tutti gli oneri che l'impresa dovrà sostenere per le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dei servizi stessi, si intendono già remunerati dai prezzi stabiliti dall'elenco per l'esecuzione degli scavi.

### *80.4. Realizzazione della fossa*

#### *80.4.1. Opere provvisionali*

Le opere provvisionali in presenza di scavi e/o sbancamenti devono essere realizzate secondo quanto previsto dal piano di sicurezza e di coordinamento (PSC) o del piano operativo di sicurezza (POS), secondo le disposizioni del **D.Lgs. n. 81/2008**.

#### *80.4.2. Tipologie di scavi*

In base agli elementi geometrici degli scavi normalmente utilizzati, si potranno presentare le seguenti tipologie:
- trincea stretta;
- trincea larga;
- terrapieno (posizione positiva);
- terrapieno (posizione negativa).

TRINCEA STRETTA
È la migliore sistemazione nella quale collocare, ad esempio, un tubo di PVC, in quanto viene alleggerito dal carico sovrastante, riuscendo a trasmettere parte di esso al terreno circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale il manufatto è sottoposto.

TRINCEA LARGA
Il carico sul tubo è sempre maggiore di quello relativo alla sistemazione in trincea stretta. Per questo motivo, in fase di progettazione, si consiglia di partire, per questioni di sicurezza, da questa ipotesi.

TERRAPIENO (POSIZIONE POSITIVA)
La sommità del tubo sporge sul livello naturale del terreno. L'assenza di fianchi (anche naturali) nello scavo e il relativo cedimento del terreno impediscono normalmente la possibilità di impiegare questo metodo nel caso di carichi pesanti.

TERRAPIENO (POSIZIONE NEGATIVA)
La tubazione è sistemata a un livello inferiore a quello naturale del terreno. A motivo di una frizione piuttosto modesta in atto fra il materiale di riempimento sistemato a terrapieno e i fianchi naturali dello scavo, il tubo può sopportare carichi leggermente superiori a quelli della posizione positiva, ma in ogni caso inferiori a quelli sopportabili nelle sistemazioni a trincea stretta e a trincea larga.
La larghezza del fondo della trincea dovrà essere non inferiore a ($D + 0{,}40 \cdot D$) m.

## Art. 81. **Letto di posa per le tubazioni**

### *81.1. Appoggio su suoli naturali*

Il supporto può essere realizzato dallo stesso suolo naturale affiorante sul fondo della fossa, purché questo abbia densità almeno pari a quella del supporto in sabbia o ghiaia-sabbia di riporto.
Questa soluzione sarà adottata preferibilmente quando il suolo ha natura non legante, con granulometria

massima inferiore a 20 mm. Con tubi rigidi, sarà ammesso l'appoggio diretto anche su suoli costituiti da ghiaia grossa, purché la dimensione non superi la metà dello spessore della parete del condotto.
La superficie di posa sul fondo della fossa sarà accuratamente presagomata secondo la forma esterna dei condotti, in modo tale che questi appoggino esattamente per l'intera superficie corrispondente all'angolo di supporto, evitando appoggi in punti singolari o lungo linee.
Potrà essere, altresì, prescritto il rincalzo della conduttura sopra la sella d'appoggio sagomata, con materiale non legante costipato a strati, in modo tale da fargli acquisire una compattezza almeno pari a quella del suolo naturale sottostante. In questo modo di regola dovrà essere aumentato l'angolo di supporto.
In alternativa, la conduttura potrà essere posata sul fondo della fossa piana, ossia non presagomata e rincalzata con materiale non legante costipato come nel caso precedente.
Come materiale per il rincalzo si possono usare sabbia e ghiaietto naturale fortemente sabbioso (percentuale di sabbia > 15%) con granulometria massima pari a 20 mm ovvero sabbia di frantumazione e pietrischetto con granulometria massima pari a 11 mm.
Nel caso di tubi con piede, l'angolo del supporto è prefissato dalla forma del piede. Di norma, peraltro, questi tubi saranno posati su uno strato di calcestruzzo magro, senza particolari prescrizioni sulla classe di resistenza e sullo spessore, previa interposizione di malta cementizia liquida.

*81.2. Appoggio su materiale di riporto*

Nel caso in cui sul fondo della fossa affiorino suoli inadatti per l'appoggio diretto (fortemente leganti o a granulometria troppo grossa), la suola deve essere approfondita per introdurre uno strato di supporto artificiale, costituito da terra adatta o calcestruzzo.
Come materiali di riporto sono adatti sabbia naturale, ghiaia fortemente sabbiosa (parte sabbiosa > 15%) con dimensione massima 20 mm, sabbia di frantumazione e pietrischetto con dimensione massima pari a 1/5 dello spessore minimo dello strato di supporto in corrispondenza della generatrice inferiore del condotto.
Con i suoli di compattezza media è sufficiente uno spessore minimo del supporto pari a 100 mm + 1/10 *D*. Con suoli molto compatti (per esempio rocciosi), per contrastare concentrazioni di carico sul fondo del condotto, quando questo ha diametro superiore a 500 mm, lo spessore minimo del supporto deve essere pari a 100 mm + 1/5 *D* ovvero si deve prevedere un supporto in calcestruzzo.

## Art. 82. **Modalità esecutive per la posa in opera di tubazioni**

*82.1. Controllo e pulizia dei tubi*

Prima di procedere alla loro posa in opera, i tubi devono essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti o danni. Le code, i bicchieri e le guarnizioni devono essere integre.
Prima di essere posto in opera, ciascun tubo, giunto e/o pezzo speciale dovrà essere accuratamente controllato per scoprire eventuali rotture dovute a precedenti ed errate manipolazioni (trasporto, scarico, sfilamento) e pulito dalle tracce di ruggine o di qualunque altro materiale estraneo.
Quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera devono essere scartati e sostituiti. Nel caso in cui il danneggiamento abbia interessato soltanto l'eventuale rivestimento, si dovrà provvedere al suo ripristino.
Deve essere lubrificata l'estremità maschio per tutta la circonferenza, soprattutto nella zona dell'estremità arrotondata. Il lubrificante dovrà essere compatibile con la qualità della gomma.

*82.2. Nicchie in corrispondenza dei giunti*

Il sottofondo deve essere sagomato e avere nicchie per l'alloggiamento delle giunzioni dei bicchieri, in corrispondenza dei giunti, onde evitare che la tubazione resti poggiata sui giunti stessi.
Le nicchie devono essere costruite dopo avere ultimato lo scavo a fondo livellato e devono avere la profondità minima indispensabile per consentire l'operazione di montaggio e incasso del giunto.

*82.3. Continuità del piano di posa*

Il piano di posa dovrà garantire un'assoluta continuità d'appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si devono adottare particolari provvedimenti, quali impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della

trincea o, se occorresse, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole. In quest'ultimo caso, la continuità di contatto tra tubo e selle sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

*82.4. Protezione catodica delle tubazioni metalliche*

Nel caso specifico di tubazioni metalliche, devono essere inserite, ai fini della protezione catodica e in corrispondenza dei punti d'appoggio, membrane isolanti.

*82.5. Tubi danneggiati durante la posa in opera*

I tubi che nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti devono essere riparati in modo da ripristinarne la completa integrità ovvero saranno definitivamente scartati e sostituiti.
Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna.
Qualora, durante le operazioni di accostamento dei tubi, penetrasse terra o altri materiali estranei tra le superfici frontali o nei giunti, si dovrà provvedere a sfilare l'ultimo tubo per effettuare le necessarie pulizie e a posarlo nuovamente dopo aver ripristinato la suola.

*82.6. Piano di posa*

Per la corretta esecuzione delle livellette di posa, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'uso di un'apparecchiatura a raggio laser, corredata di indicatori di pendenza, di dispositivo elettronico di autolivellamento, di spostamento della direzione destra/sinistra, di inclinazione laterale, di spia batteria, munita di livello a bolle d'aria e protetta contro l'inversione della polarità.
Ove si rendesse necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi da quelli provenienti dallo scavo, dovrà accertarsi la possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure.
La posa della condotta, sul fondo piano della fossa, è possibile solo mediante introduzione a strati e accurato costipamento del materiale di rincalzo.
La condotta si poserà su un letto di sabbia di spessore $(0{,}10 + D/10)$ m e comunque maggiore di 15 cm e di larghezza pari allo scavo.
Il supporto deve essere eseguito con l'angolo minimo corrispondente al calcolo statico.
Per i tubi rigidi senza piede, l'angolo di appoggio deve essere di regola 90°; esso può essere realizzato mediante accurato rincalzo e compattazione a mano o con attrezzi leggeri. Angoli di appoggio superiori (120°) possono essere realizzati con tubi rigidi, solo se gli interstizi del supporto vengono costipati a strati in modo intensivo e si assicura che la densità del materiale nell'ambito del supporto sia maggiore della densità sotto il tubo. Angoli di appoggio inferiori a 90° possono essere realizzati previo controllo statico. Con tubi rigidi aventi diametro = 200 mm, l'angolo di appoggio non può comunque essere inferiore a 60°.
Per i tubi flessibili, di regola il calcolo statico è basato su un angolo di appoggio di 180°, realizzato mediante compattazione intensiva del materiale di supporto fino all'altezza delle imposte.
Per i condotti con rivestimento protettivo esterno, il materiale del supporto e le modalità esecutive saranno tali da non danneggiare il rivestimento.
Se il supporto si trova immerso permanentemente o temporaneamente nella falda acquifera sotterranea, si dovrà prevenirne il dilavamento nei terreni circostanti o nel sistema di drenaggio. È costituito da materiale riportato (normalmente sabbia), in modo da costituire un supporto continuo alla tubazione. Si sconsigliano, in quanto possibile, fondi costituiti da gettate di cemento o simili.
Il letto di posa non dovrà essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea. In pratica, il materiale più adatto sarà costituito da ghiaia o da pietrisco con diametro massimo di 20 mm. Il materiale impiegato dovrà essere accuratamente compatto fino ai prescritti valori dell'indice di Proctor (CNR B.U. n. 69-AASHO mod.).

*82.7. Modalità di posa in opera*

La posa in opera dei tubi sarà effettuata sul fondo della trincea spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare tubi e rivestimenti.
I tubi si poseranno procedendo da valle verso monte e con i bicchieri disposti in senso contrario alla direzione

del flusso.
In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni e altri appoggi discontinui.
Nessun tratto di tubazione dovrà essere disposto in orizzontale.
Per le operazioni di posa in opera, si devono osservare le raccomandazioni e le istruzioni del fornitore dei tubi.
I tubi verranno calati nello scavo solamente dopo aver controllato che il letto di posa in sabbia dello spessore di almeno 10 cm sia perfettamente piano e che siano state eseguite le nicchie per l'alloggiamento dei giunti.

## Art. 83. **Rinterro delle tubazioni**

### *83.1. Generalità*

Non si procederà in alcun caso al rinterro se prima non sia stata controllata la corretta posizione della canalizzazione mediante esami condotti con funi, traguardi, tabelle di mira, apparecchi di livellazione o mediante altri mezzi idonei.

### *83.2. Esecuzione del rinterro*

Il materiale già usato per la costituzione del letto di posa verrà sistemato attorno al tubo e costipato a mano per formare strati successivi di 20-30 cm fino alla mezzeria del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto il tubo e che il rinfianco tra tubo e parete dello scavo sia continuo e compatto. Durante tali operazioni verranno recuperate le eventuali impalcature poste per il contenimento delle pareti dello scavo. La compattazione dovrà eseguirsi preferibilmente con vibratori a piastra regolabili di potenza media o con altri mezzi meccanici.
Le nicchie precedentemente scavate per l'alloggio dei bicchieri devono, se necessario, essere accuratamente riempite con lo stesso materiale costituente il letto di posa, in modo da eliminare eventualmente spazi vuoti sotto i bicchieri stessi, quindi si procederà a riempire la trincea con il materiale di risulta.
Il rinfianco dovrà essere eseguito apportando, in un primo tempo, il materiale su entrambi i lati della tubazione fino al piano diametrale della stessa e, quindi, spingendo il materiale sotto il tubo con l'aiuto di una pala e costipandolo a mano o con idonei compattatori leggeri meccanici (avendo cura di non danneggiare il tubo). L'ulteriore riempimento sarà effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato degli elementi con diametro superiore a 10 cm e dai frammenti vegetali e animali. Il rinfianco delle tubazioni e il primo riempimento dello scavo, fino a 20 cm al di sopra dell'estremità superiore del tubo, devono essere effettuati con sabbia avente un peso in volume secco minimo di 1,9 $t/m^3$. Il massimo contenuto di limo è limitato al 10%. Il massimo contenuto di argilla, invece, è limitato al 5%.
La compattazione dovrà effettuarsi esclusivamente sulle fasce laterali, al di fuori della zona occupata dal tubo, fino a ottenere che la densità relativa del materiale di rinterro raggiunga il 90% del valore ottimo determinante con la prova di Proctor modificata.
Gli inerti con diametro superiore a 2 cm, presenti in quantità superiore al 30%, devono essere eliminati, almeno per l'aliquota eccedente tale limite. Le terre difficilmente comprimibili (torbose, argillose, ghiacciate) sono da scartare. Il riempimento va eseguito per strati successivi di spessore pari a 30 cm, che devono essere compattati ed eventualmente bagnati per lo spessore di 1 m (misurato dalla generatrice superiore del tubo). L'indice di Proctor risultante deve essere superiore a quello previsto dal progettista.
Infine, verrà lasciato uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale.
Il rinterro deve avvenire secondo le prescrizioni della norma **UNI EN 1295-1**, che distingue:
- zona di rinterro, che deve essere eseguita secondo le caratteristiche della condotta (rigida, semirigida o flessibile), i carichi esterni e la tipologia dei terreni attraversati;
- zona di rinterro accurato, costituita:
- da letto di posa e rinfianco fino a 10 cm almeno al di sopra della generatrice superiore dell'accoppiamento per le condotte flessibili;
- letto di posa e base d'appoggio fino al diametro orizzontale per le condotte rigide.
- terreno.

In generale, le condizioni di posa devono tenere conto dei seguenti fattori:

- mantenimento della condotta al riparo dal gelo;
- attraversamento ad alta sicurezza (passaggi di ferrovie, autostrade, ecc.);
- regolamenti locali relativi alla viabilità.

L'esecuzione della base d'appoggio e del rinterro sarà effettuata con materiali compatibili con le condizioni di costipamento necessarie e previa accettazione della direzione dei lavori.
La ricopertura minima della condotta per qualsiasi materiale deve risultare di 80-100 cm in zone soggette a traffico leggero e di almeno 150 cm in zone soggette a traffico pesante. Per altezze del rinterro inferiori a quelle sopra stabilite, il riempimento dovrà essere eseguito con interposizione di un diaframma rigido di protezione e ripartizione dei carichi, collocato sullo strato superiore del materiale incoerente e calcolato tenendo conto delle caratteristiche dei terreni di posa, dello scavo e della resistenza meccanica del tubo impiegato.
Per i tubi in ghisa sferoidale potranno ammettersi altezze minime inferiori, previa adeguata verifica e parere favorevole della direzione dei lavori.
Se è previsto il riutilizzo del materiale di scavo, questo sarà privato di tutti quegli elementi suscettibili di danneggiare le condotte. Quando è previsto il costipamento della base d'appoggio, questo sarà realizzato con strumenti leggeri da tutte e due le parti della condotta, al fine di non provocare deviazioni del piano e del livello della condotta.
Per il ricoprimento, la scelta degli strumenti di costipamento (a vibrazione o costipanti), sarà realizzata in funzione della qualità del terreno, dei dispositivi di palancolaggio e dell'altezza di rinterro al di sopra dell'estradosso, previo parere favorevole della direzione dei lavori e del progettista.
Il materiale di rinterro dovrà appartenere ai gruppi A1, A2 e A3 della classificazione CNR **UNI 10006** e rispettare le metodologie di calcolo delle norme ATV 127 e **UNI 7517**.
Resta comunque facoltà della direzione dei lavori, eseguiti i necessari accertamenti, prescrivere, se è il caso, il ricorso ad altro materiale di riporto.
Il rinfianco e il ricoprimento devono essere realizzati con terra vagliata a maglia grossa o liberata (a mano) dagli elementi più grossolani che possono danneggiare la tubazione.
Nel caso di tubi installati in trincea, la profondità minima del rinterro sarà $1{,}2 \cdot d_n$ (mm) e non saranno ammessi in alcun caso reinterri inferiori alla metà del diametro esterno del tubo, con minimo assoluto di 350 mm.
Nel caso fosse necessario un rinterro minore, si dovrà realizzare un rinfianco in calcestruzzo e, sopra la superficie esterna del tubo, un getto di cemento armato le cui caratteristiche saranno determinate dal progettista della condotta.
Durante le operazioni di rinterro e di costipamento bisogna evitare che carichi pesanti transitino sulla trincea.

### *83.3. Raccomandazioni per la compattazione*

Considerato che un'eccessiva compattazione o una compattazione con apparecchiature non appropriate possono far deformare il tubo o farlo sollevare dal letto di posa, devono essere rispettate le seguenti raccomandazioni per ottenere il massimo valore pratico della densità del materiale.
La compattazione può essere eseguita usando un compattatore a impulsi o altro sistema idoneo. Durante la compattazione del rinterro, sarà cura dell'appaltatore e del direttore dei lavori controllare la forma della sezione del tubo. I controlli della deflessione dei tubi si eseguiranno quando siano stati posati e ricoperti i primi tubi. Controlli periodici si effettueranno durante lo svolgimento dei lavori.
Quando è possibile, occorre eseguire sul posto la misura della densità del materiale compattato della zona primaria, per verificarne l'accordo con le assunzioni progettuali esecutive.
Per quanto riguarda i terreni a grana grossolana con il 5% di fini, la massima densità si otterrà con la compattazione, la saturazione e la vibrazione. Il rinterro sarà posato in strati compresi fra 0,15 e 0,30 m. Si dovrà evitare il galleggiamento della tubazione durante la saturazione del terreno. Non è consigliato l'uso del getto d'acqua, in quanto potrebbe comportare il dilavamento del terreno di supporto laterale del tubo. La posa del rinterro al di sopra del tubo dovrà evitarsi nel momento in cui viene saturata la zona di materiale attorno al tubo, in quanto questa condizione caricherebbe il tubo prima che abbia inizio la reazione di assestamento.
La compattazione dei terreni che presentano una quantità di fini compresa tra il 5 e il 12% si dovrà eseguire mediante costipamento o saturazione e vibrazione.
Infine, i terreni a grana grossolana che presentano una quantità di fini maggiore del 12% si compattano meglio per costipazione meccanica in strati compresi fra 0,10 e 0,15 m.

Il direttore dei lavori deve effettuare il controllo di deflessione dopo l'installazione e il ricoprimento dei primi tratti di tubo. L'appaltatore potrà proseguire i lavori soltanto dopo tale controllo.
Il rinfianco con terreni, quali quelli di natura organica, torbosi, melmosi, argillosi, ecc., è vietato, perché detti terreni non sono costipabili a causa del loro alto contenuto d'acqua. Esso potrà essere consentito dalla direzione dei lavori, in via eccezionale, solo se saranno prescritte speciali modalità di posa o maggiori spessori.

## Sezione II
## Realizzazione di opere stradali

### Art. 84. **Sovrastruttura stradale. Caratteristiche geometriche delle strade**

*84.1. Terminologia relativa alla sovrastruttura*

In riferimento alle istruzioni del **C.N.R. b.u. n. 169/1994**, si riportano le definizioni di cui ai paragrafi seguenti.

*84.2. Premessa*

Le parti del corpo stradale più direttamente interessate dai carichi mobili si possono distinguere essenzialmente in:
- sovrastruttura e pavimentazione;
- sottofondo.

*84.2.1. Sovrastruttura*

*84.2.1.1. Definizione*

Con il termine *sovrastruttura* si indica la parte del corpo stradale costituita da un insieme di strati sovrapposti, di materiali e di spessori diversi, aventi la funzione di sopportare complessivamente le azioni dal traffico e di trasmetterle e distribuirle, opportunamente attenuate, al terreno d'appoggio (sottofondo) o ad altre idonee strutture.
Nella sovrastruttura normalmente sono presenti e si distinguono i seguenti strati:
- strato superficiale;
- strato di base;
- strato di fondazione.

La sovrastruttura può anche comprendere strati accessori aventi particolari funzioni, quali:
- strato drenante;
- strato anticapillare;
- strato antigelo;
- eventuali strati di geotessile.

Normalmente si considerano tre tipi di sovrastruttura:
- flessibile;
- rigida;
- semirigida.

*84.2.1.2. Strati della sovrastruttura*

*Strato superficiale*

Lo strato superficiale è lo strato immediatamente sottostante al piano viabile. Nelle sovrastrutture flessibili esso viene suddiviso in due strati:
- strato di usura;
- strato di collegamento (binder).

*Strato di base*
Lo strato di base è lo strato intermedio tra lo strato superficiale e lo strato di fondazione.

*Strato di fondazione*
Lo strato di fondazione è lo strato della parte inferiore della sovrastruttura a contatto con il terreno di appoggio (sottofondo).

*Strati accessori*
Gli strati accessori si distinguono in tre tipi:
- strato anticapillare: strato di materiale di moderato spessore interposto fra lo strato di fondazione e il terreno di sottofondo, destinato a interrompere, negli strati della sovrastruttura, l'eventuale risalita capillare di acqua proveniente da falda acquifera;
- strato antigelo: strato di opportuno materiale, steso al di sotto dello strato di fondazione in adeguato spessore, avente la funzione di impedire che la profondità di penetrazione del gelo raggiunga un sottofondo gelivo;
- strato drenante: strato di materiale poroso impermeabile, posto a conveniente altezza nella sovrastruttura per provvedere alla raccolta e allo smaltimento di acque di falda o di infiltrazione verso le cunette laterali o altro dispositivo drenante.

### *84.2.2. Tipi di sovrastrutture*

#### *84.2.2.1. Sovrastruttura flessibile*
Con dizione tradizionale, si definisce *flessibile* una sovrastruttura formata da strati superficiali ed eventualmente di base, costituiti da miscele di aggregati lapidei con leganti idrocarburici e da strati di fondazione non legati.
Nelle sovrastrutture più moderne, lo strato superficiale è spesso costituito da due strati ovvero uno strato di usura e uno strato di collegamento.
Lo strato di usura è lo strato disposto a immediato contatto con le ruote dei veicoli, destinato ad assicurare adeguate caratteristiche di regolarità e condizioni di buona aderenza dei veicoli alla superficie di rotolamento, a resistere prevalentemente alle azioni tangenziali di abrasione, nonché a proteggere gli strati inferiori dalle infiltrazioni delle acque superficiali.
Di recente è stato introdotto l'impiego di strati di usura porosi, drenanti e fonoassorbenti. In tal caso l'impermeabilizzazione è realizzata sotto lo strato.
Lo strato di collegamento è lo strato, spesso chiamato *binder*, sottostante al precedente, destinato a integrarne le funzioni portanti e ad assicurarne la collaborazione con gli strati inferiori. Normalmente è costituito da materiale meno pregiato e quindi più economico del sovrastante.
Rientrano nella categoria delle sovrastrutture flessibili, inoltre, sovrastrutture di strade secondarie con strati superficiali costituiti da materiali lapidei non legati (macadam), con sovrapposto un eventuale trattamento superficiale.

### *84.2.3. Sottofondo*

#### *84.2.3.1. Definizione*
Si definisce *sottofondo* il terreno costituente il fondo di uno scavo o la parte superiore di un rilevato, avente caratteristiche atte a costituire appoggio alla sovrastruttura. Tale deve considerarsi il terreno fino a una profondità alla quale le azioni verticali dei carichi mobili siano apprezzabili e influenti sulla stabilità dell'insieme (di solito dell'ordine di 30-80 cm).

#### *84.2.3.2. Sottofondo migliorato o stabilizzato*
Sottofondo che, per insufficiente portanza e/o per notevole sensibilità all'azione dell'acqua e del gelo, viene migliorato o stabilizzato con appositi interventi, ovvero sostituito per una certa profondità. Il sottofondo viene detto *migliorato* quando viene integrato con materiale arido (correzione granulometrica) o quando viene trattato con modesti quantitativi di legante, tali da modificare, anche temporaneamente, le sole proprietà fisiche della terra (quali il contenuto naturale di acqua, la plasticità, la costipabilità, il CBR).
In alcuni casi, il miglioramento può essere ottenuto mediante opere di drenaggio, ovvero con l'ausilio di

geosintetici.
Il sottofondo viene detto *stabilizzato* quando il legante è in quantità tale da conferire alla terra una resistenza durevole, apprezzabile mediante prove di trazione e flessione proprie dei materiali solidi. Il legante impiegato è normalmente di tipo idraulico o idrocarburico.

#### *84.2.4. Trattamenti*

##### *84.2.4.1. Trattamento di ancoraggio*

Il trattamento di ancoraggio è una pellicola di legante idrocarburico (detta anche *mano d'attacco*) spruzzata sulla superficie di uno strato della sovrastruttura per promuovere l'adesione di uno strato sovrastante.

#### *84.2.5. Tipi particolari di pavimentazioni o di strati*

##### *84.2.5.1. Pavimentazione di blocchetti prefabbricati di calcestruzzo, detta anche di masselli di calcestruzzo autobloccanti*

La pavimentazione di blocchetti prefabbricati di calcestruzzo è costituita da elementi prefabbricati di calcestruzzo cementizio, di forma e colori diversi, allettati in uno strato di sabbia e spesso muniti di risalti e scanalature alla periferia di ciascun elemento, onde migliorare il mutuo collegamento degli elementi fra di loro.
Tale tipo di pavimentazione, prevalentemente destinata a essere usata in zone pedonali e in zone sottoposte a traffico leggero, può essere usata anche in zone soggette a carichi molti rilevanti, sottoposte a traffico lento, quali piazzali di sosta, di stoccaggio merci, ecc. In questo caso, devono essere previsti, al di sotto dello strato di allettamento in sabbia, uno o più strati portanti di adeguato spessore.

### *84.3. Elementi costitutivi dello spazio stradale*

Il D.**M. 5 novembre 2001**, tenuto conto dell'art. 3 del codice della strada, riporta le denominazioni degli spazi stradali e i loro seguenti significati (figura 92.1):
- banchina;
- carreggiata;
- corsia;
- dispositivo di ritenuta;
- fascia di pertinenza;
- fascia di sosta laterale;
- marciapiede;
- margine interno;
- margine laterale;
- margine esterno;
- parcheggio;
- piattaforma;
- sede stradale.

## Art. 85. **Misti granulari per strati di fondazione**

### *85.1. Generalità*

Il misto granulare dovrà essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego, eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche.
Nella sovrastruttura stradale il misto granulare dovrà essere impiegato per la costruzione di stati di fondazione e di base.

### *85.2. Materiali*

#### *85.2.1. Aggregati*

Gli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5) e gli aggregati fini sono gli elementi lapidei che formano il misto granulare.

L'aggregato grosso in generale deve avere dimensioni non superiori a 71 mm e deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella 94.1.

**Tabella 94.1. Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali**

| **Indicatori di qualità** | | | **Strato pavimentazione** | |
|---|---|---|---|---|
| **Parametro** | **Normativa** | **Unità di misura** | **Fondazione** | **Base** |
| Los Angeles | UNI EN 1097-2 | % | ≤ 40 | ≤ 30 |
| Micro Deval umida | CNR B.U. n. 109/85 | % | - | ≤ 25 |
| Quantità di frantumato | - | % | - | ≤ 60 |
| Dimensione max | CNR B.U. n. 23/71 | mm | 63 | 63 |
| Sensibilità al gelo (se necessario) | CNR B.U. n. 80/80 | % | ≤ 30 | ≤ 20 |

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella tabella 94.2.

**Tabella 94.2. Aggregato fine. Strade urbane di quartiere e locali**

| **Passante al crivello UNI n. 5** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Indicatori di qualità** | | | **Strato pavimentazione** | |
| **Parametro** | **Normativa** | **Unità di misura** | **Fondazione** | **Base** |
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | % | ≥ 40 | ≥ 50 |
| Indice plasticità | UNI CEN ISO /TS 17892-12 | % | ≤ 6 | N.P. |
| Limite liquido | UNI CEN ISO /TS 17892-12 | % | ≤ 35 | ≤ 25 |
| Passante allo 0,075 | CNR B.U. n. 75/80 | % | ≤ 6 | ≤ 6 |

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale.

#### *85.2.2. Miscele*

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve possedere la composizione granulometrica prevista dalla norma **UNI EN 933-1**.

L'indice di portanza CBR (**UNI EN 13286-47**) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguita sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione e, in ogni caso, non minore di 30. È, inoltre, richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di ± 2% rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (*MR*) della miscela impiegata deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (norma **AASHTO T294**).

Il modulo di deformazione (*Md*) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (**CNR B.U. n. 146/1992**).

Il modulo di reazione (*k*) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (**CNR B.U. n. 92/1983**).

I diversi componenti (in particolare le sabbie) devono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili.

NORME DI RIFERIMENTO

**UNI EN 13286-47** - *Miscele non legate e legate con leganti idraulici. Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento*;

**UNI EN 933-1** - *Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica. Analisi granulometrica per stacciatura.*

### *85.3. Accettazione del misto granulare*

L'impresa è tenuta a comunicare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione dei misti granulari che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un laboratorio ufficiale. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHO modificata (**CNR B.U. n. 69/1978**).

Una volta accettato da parte della direzione dei lavori lo studio delle miscele, l'impresa deve rigorosamente attenersi a esso.

### *85.4. Confezionamento del misto granulare*

L'impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree e i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

### *85.5. Posa in opera del misto granulare*

Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato, in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino a ottenere una densità *in situ* non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante un dispositivo di spruzzatori.

A questo proposito, si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque un eccesso di umidità o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'impresa.Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura dovranno impiegarsi rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere verranno accertate dalla direzione dei lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino a ottenere una densità *in situ* non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (**CNR B.U. n. 69/1978**), con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D).

In caso contrario, l'impresa, a sua cura e spese, dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusi la rimozione e il rifacimento dello strato.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4-4,50 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario, l'impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

Nel caso in cui non sia possibile eseguire immediatamente la realizzazione della pavimentazione, dovrà essere applicata una mano di emulsione saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di pavimentazione.

### *85.6. Controlli*

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato *in situ* al momento della stesa, oltreché con prove sullo strato finito. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella 94.3.

**Tabella 94.3. Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

| Tipo di campione | Ubicazione prelievo | Frequenza prove |
|---|---|---|
| Aggregato grosso | Impianto | Iniziale, poi secondo D.L. |
| Aggregato fine | Impianto | Iniziale, poi secondo D.L. |
| Miscela | Strato finito | Giornaliera oppure ogni 1000 $m^3$ di stesa |
| Sagoma | Strato finito | Ogni 20 m o ogni 5 m |
| Strato finito (densità *in situ*) | Strato finito | Giornaliera oppure ogni 1000 $m^2$ di stesa |
| Strato finito (portanza) | Strato finito o pavimentazione | Ogni 000 $m^2$ m di fascia stesa |

#### *85.6.1. Materiali*

Le caratteristiche di accettazione dei materiali dovranno essere verificate prima dell'inizio dei lavori, ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali.

#### *85.6.2. Miscele*

La granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale *in situ* già miscelato, subito dopo avere effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammesse variazioni delle singole percentuali di ± 5 punti per l'aggregato grosso e di ± 2 punti per l'aggregato fine. In ogni caso, non devono essere superati i limiti del fuso assegnato.
L'equivalente in sabbia dell'aggregato fine va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

#### *85.6.3. Costipamento*

A compattazione ultimata, la densità del secco *in situ*, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{smax}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma **CNR B.U. n. 22/1972**. Per valori di densità inferiori a quelli previsti viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:
- del 10% dell'importo dello strato, per densità *in situ* comprese tra il 95 e il 98% del valore di riferimento;
- del 20% dell'importo dello strato, per densità *in situ* comprese tra il 93 e il 95% del valore di riferimento.

Il confronto tra le misure di densità *in situ* e i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm.

#### *85.6.4. Portanza*

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'impresa.
Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto granulare su ciascun tronco omogeneo non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto.

#### *85.6.5. Sagoma*

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.
La verifica delle quote di progetto dovrà eseguirsi con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 m nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 m nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota dovrà verificarsi la sagoma trasversale, prevedendo almeno due

misure per ogni parte a destra e a sinistra dell'asse stradale.
Lo spessore medio dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

## Art. 86. **Opere d'arte stradali**

### *86.1. Caditoie stradali*

#### *86.1.1. Generalità*

Per *caditoie stradali* si intendono i dispositivi che hanno la funzione di raccolta delle acque defluenti nelle cunette stradali o ai bordi di superfici scolanti opportunamente sagomate.
Le caditoie devono essere costituite da un pozzetto di raccolta interrato, generalmente prefabbricato, e dotate di un dispositivo di coronamento formato da un telaio che sostiene un elemento mobile detto *griglia* o *coperchio*, che consente all'acqua di defluire nel pozzetto di raccolta per poi essere convogliata alla condotta di fognatura.
La presa dell'acqua avviene a mezzo di una bocca superiore, orizzontale o verticale, i cui principali tipi sono:
- a griglia;
- a bocca di lupo;
- a griglia e bocca di lupo;
- a fessura.

Un idoneo dispositivo posto tra la griglia di raccolta e la fognatura deve impedire il diffondersi degli odori verso l'esterno (caditoia sifonata).
Le caditoie potranno essere disposte secondo le prescrizioni del punto 5 della norma **UNI EN 124** - *Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura e controllo qualità*, che classifica i dispositivi di chiusura e di coronamento nei seguenti gruppi in base al luogo di impiego:
- gruppo 1 (classe A 15), per zone usate esclusivamente da ciclisti e pedoni;
- gruppo 2 (classe B 125), per marciapiedi, zone pedonali, aree di sosta e parcheggi multipiano;
- gruppo 3 (classe C 250), per banchine carrabili, cunette e parcheggi per automezzi pesanti, che si estendono al massimo per 50 cm nella corsia di circolazione e fino a 20 cm sul marciapiede, a partire dal bordo;
- gruppo 4 (classe D 400), per strade provinciali e statali e aree di parcheggio per tutti i tipi di veicoli;
- gruppo 5 (classe E 600), per aree soggette a transito di veicoli pesanti;
- gruppo 6 (classe F 900), per aree soggette a transito di veicoli particolarmente pesanti.

#### *86.1.2. Pozzetti per la raccolta delle acque stradali*

I pozzetti per la raccolta delle acque stradali potranno essere costituiti da pezzi speciali intercambiabili, prefabbricati in conglomerato cementizio armato vibrato, a elevato dosaggio di cemento e pareti di spessore non inferiore a 4 cm, ovvero confezionato in cantiere, con caditoia conforme alle prescrizioni della norma **UNI EN 124.**
Potranno essere realizzati, mediante associazione dei pezzi idonei, pozzetti con o senza sifone e con raccolta dei fanghi attuata mediante appositi cestelli tronco-conici in acciaio zincato muniti di manico, ovvero con elementi di fondo installati sotto lo scarico. La dimensione interna del pozzetto dovrà essere maggiore o uguale a 45 cm × 45 cm e di 45 cm × 60 cm per i pozzetti sifonati. Il tubo di scarico deve avere un diametro interno minimo di 150 mm.
I pozzetti devono essere forniti perfettamente lisci e stagionati, privi di cavillature, fenditure, scheggiature o altri difetti. L'eventuale prodotto impermeabilizzante deve essere applicato nella quantità indicata dalla direzione dei lavori.
I pozzetti stradali prefabbricati in calcestruzzo armato saranno posti in opera su sottofondo in calcestruzzo dosato a 200 kg di cemento tipo 325 per $m^3$ d'impasto. La superficie superiore del sottofondo dovrà essere perfettamente orizzontale e a una quota idonea a garantire l'esatta collocazione altimetrica del manufatto rispetto alla pavimentazione stradale.
Prima della posa dell'elemento inferiore si spalmerà il sottofondo con cemento liquido e, qualora la posa avvenga a sottofondo indurito, questo dovrà essere convenientemente bagnato.
I giunti di collegamento dei singoli elementi prefabbricati devono essere perfettamente sigillati con malta

cementizia.
Nella posa dell'elemento contenente la luce di scarico, si avrà cura di angolare esattamente l'asse di questa rispetto alla fognatura stradale, in modo che il condotto di collegamento possa inserirsi in quest'ultima senza curve o deviazioni.
Per consentire la compensazione di eventuali differenze altimetriche, l'elemento di copertura dovrà essere posato su anelli di conguaglio dello spessore occorrente.
Se l'immissione avviene dal cordolo del marciapiede, si avrà cura di disporre la maggiore delle mensole porta-secchiello parallela alla bocchetta, così da guidare l'acqua. Poiché lo scarico del manufatto è a manicotto, qualora vengano impiegati, per il collegamento alla fognatura, tubi a bicchiere, tra il bicchiere del primo tubo a valle e il manicotto del pozzetto dovrà essere inserito un pezzo liscio di raccordo.

### *86.1.3. Materiali*

Il punto 6.1.1 della norma **UNI EN 124** prevede per la fabbricazione dei dispositivi di chiusura e di coronamento, escluso le griglie, l'impiego dei seguenti materiali:
- ghisa a grafite lamellare;
- ghisa a grafite sferoidale;
- getti in acciaio;
- acciaio laminato;
- uno dei materiali ai punti precedenti abbinati con calcestruzzo;
- calcestruzzo armato.

L'eventuale uso di acciaio laminato sarà ammesso, previa adeguata protezione contro la corrosione. Il tipo di protezione richiesta contro la corrosione dovrà essere stabilito, tramite accordo fra direzione dei lavori e appaltatore.
La citata norma **UNI EN 124** prevede, per la fabbricazione delle griglie, i seguenti materiali:
- ghisa a grafite lamellare;
- ghisa a grafite sferoidale;
- getti in acciaio.

Il riempimento dei coperchi potrà essere realizzato in calcestruzzo o in altro materiale adeguato, solo previo consenso della direzione dei lavori.
I materiali di costruzione devono essere conformi alle norme di cui al punto 6.2 della norma **UNI EN 124**.
Nel caso di coperchio realizzato in calcestruzzo armato, per le classi comprese tra B 125 e F 900, il calcestruzzo dovrà avere una resistenza a compressione a 28 giorni (secondo le norme **DIN 4281)** pari ad almeno 45 $N/mm^2$ - nel caso di provetta cubica con 150 mm di spigolo - e pari a 40 $N/mm^2$, nel caso di provetta cilindrica di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza. Per la classe A 15 la resistenza a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 20 $N/mm^2$.
Il copriferro in calcestruzzo dell'armatura del coperchio dovrà avere uno spessore di almeno 2 cm su tutti i lati, eccettuati i coperchi che hanno il fondo in lastra di acciaio, getti d'acciaio, ghisa a grafite lamellare o sferoidale.
Il calcestruzzo di riempimento del coperchio dovrà essere additivato con materiali indurenti per garantire un'adeguata resistenza all'abrasione.

### *86.1.4. Marcatura*

Secondo il punto 9 della norma **UNI EN 124**, tutti i coperchi, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile, durevole e visibile dopo la posa in opera, indicante:
- la norma UNI;
- la classe o le classi corrispondenti;
- il nome e/o la sigla del produttore;
- il marchio dell'eventuale ente di certificazione;
- eventuali indicazioni previste dalla lettera e) del citato punto 9 della norma **UNI EN 124**;
- eventuali indicazioni previste dalla lettera f) del citato punto 9 della norma **UNI EN 124**.

### *86.1.5. Caratteristiche costruttive*

I dispositivi di chiusura e di coronamento devono essere esenti da difetti che possano comprometterne l'uso.

I dispositivi di chiusura dei pozzetti possono essere previsti con o senza aperture di aerazione.
Nel caso in cui i dispositivi di chiusura presentino aperture d'aerazione, la superficie minima d'aerazione dovrà essere conforme ai valori del prospetto II del punto 7.2 della norma **UNI EN 124**.

*86.1.5.1. Aperture di aerazione*

Le aperture d'aerazione dei dispositivi di chiusura devono avere dimensioni in linea con il tipo di classe di impiego.

*86.1.5.2. Dimensione di passaggio*

La dimensione di passaggio dei dispositivi di chiusura delle camerette d'ispezione deve essere di almeno 60 cm, per consentire il libero passaggio di persone dotate di idoneo equipaggiamento.

*86.1.5.3. Profondità di incastro*

I dispositivi di chiusura e di coronamento delle classi D 400, E 600 e F 900, aventi dimensione di passaggio minore o uguale a 650 mm, devono avere una profondità di incastro di almeno 50 mm. Tale prescrizione non è richiesta per i dispositivi il cui coperchio (o griglia) è adeguatamente fissato, per mezzo di un chiavistello, per prevenire gli spostamenti dovuti al traffico veicolare.

*86.1.5.4. Sedi*

La superficie di appoggio dei coperchi e delle griglie dovrà essere liscia e sagomata, in modo tale da consentire una perfetta aderenza ed evitare che si verifichino spostamenti, rotazioni ed emissione di rumore. A tal fine, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'impiego di idonei supporti elastici per prevenire tali inconvenienti.

*86.1.5.5. Protezione spigoli*

Gli spigoli e le superfici di contatto fra telaio e coperchio dei dispositivi di chiusura in calcestruzzo armato di classe compresa tra A 15 e D 400 devono essere protetti con idonea guarnizione in ghisa o in acciaio dello spessore previsto dal prospetto III della norma **UNI EN 124**.
La protezione degli spigoli e delle superfici di contatto fra telaio e coperchio dei dispositivi di chiusura delle classi comprese tra E 600 e F 900 deve essere conforme alle prescrizioni progettuali.

*86.1.5.6. Fessure*

Le fessure, per le classi comprese tra A 15 e B 125, devono essere conformi alle prescrizioni del prospetto IV della norma **UNI EN 124**, e al prospetto V della citata norma per le classi comprese tra C 250 e F 900.

*86.1.5.7. Cestelli e secchi scorificatori*

Gli eventuali cesti di raccolta del fango devono essere realizzati in lamiera di acciaio zincata, con fondo pieno e parete forata, tra loro uniti mediante chiodatura, saldatura, piegatura degli orli o flangiatura. Essi appoggeranno su due mensole diseguali ricavate in uno dei pezzi speciali. Devono essere di facile sollevamento e alloggiati su appositi risalti ricavati nelle pareti dei pozzetti.
Nel caso di riempimento del cestello, dovrà essere assicurato il deflusso dell'acqua e l'aerazione.

*86.1.5.8. Stato della superficie*

La superficie superiore delle griglie e dei coperchi delle classi comprese tra D 400 e F 900 dovrà essere piana, con tolleranza dell'1%.
Le superfici superiori in ghisa o in acciaio dei dispositivi di chiusura devono essere conformate in modo da risultare non sdrucciolevoli e libere da acque superficiali.

*86.1.5.9. Sbloccaggio e rimozione dei coperchi*

Dovrà essere previsto un idoneo dispositivo che assicuri lo sbloccaggio e l'apertura dei coperchi.

*86.1.5.10. Dispositivi di chiusura e di coronamento*

I pezzi di copertura dei pozzetti saranno costituiti da un telaio nel quale troveranno alloggiamento le griglie, per i

pozzetti da cunetta, e i coperchi, per quelli da marciapiede.
Nel caso sia prevista l'installazione dei cesti per il fango, potrà essere prescritto che la griglia sia munita di una tramoggia per la guida dell'acqua.
Prima della posa in opera, la superficie di appoggio dei dispositivi di chiusura e di coronamento dovrà essere convenientemente pulita e bagnata. Verrà, quindi, steso un letto di malta a 500 kg di cemento tipo 425 per $m^3$ di impasto, sopra il quale sarà infine appoggiato il telaio.
La superficie superiore del dispositivo dovrà trovarsi, a posa avvenuta, al perfetto piano della pavimentazione stradale.
Lo spessore della malta che si rendesse a tal fine necessario non dovrà tuttavia eccedere i 3 cm. Qualora occorressero spessori maggiori, dovrà provvedersi in alternativa, a giudizio della direzione dei lavori, all'esecuzione di un sottile getto di conglomerato cementizio a 4 q di cemento tipo 425 per $m^3$ d'impasto, confezionato con inerti di idonea granulometria e opportunamente armato, ovvero all'impiego di anelli di appoggio in conglomerato cementizio armato prefabbricato. Non potranno in nessun caso essere inseriti sotto il quadro, a secco o immersi nel letto di malta, pietre, frammenti, schegge o cocci.
Qualora, in seguito ad assestamenti sotto carico, dovesse essere aggiustata la posizione del quadro, questo dovrà essere rimosso e i resti di malta indurita saranno asportati. Si procederà, quindi, alla stesura del nuovo strato di malta, in precedenza indicato, adottando, se è il caso, anelli d'appoggio.
I dispositivi di chiusura e di coronamento potranno essere sottoposti a traffico non prima che siano trascorse 24 ore dalla loro posa. A giudizio della direzione dei lavori, per garantire la corretta collocazione altimetrica, devono essere impiegate armature di sostegno, da collocarsi all'interno delle camerette e da recuperarsi a presa avvenuta.
Per consentire la compensazione di eventuali differenze altimetriche, l'elemento di copertura dovrà essere posato su anelli di conguaglio dello spessore occorrente.

### *86.2. Camerette d'ispezione*

#### *86.2.1. Ubicazione*

Le camerette di ispezione devono essere localizzate come previsto dal progetto esecutivo e, in generale, in corrispondenza dei punti di variazione di direzione e/o cambiamenti di pendenza. In particolare, devono essere disposti lungo l'asse della rete a distanza non superiore a 20-50 m.

#### *86.2.2. Caratteristiche costruttive*

I pozzetti d'ispezione devono essere muniti di innesti elastici e a perfetta tenuta idraulica. In presenza di falda, devono essere prese precauzioni per evitare eventuali infiltrazioni d'acqua dalle pareti dei pozzetti.
I pozzetti potranno avere sezione orizzontale circolare o rettangolare, con diametro o lati non inferiori a 100 cm. Devono essere dotati di chiusino d'accesso generalmente realizzato in ghisa, avente diametro maggiore di 60 cm.

#### *86.2.3. Dispositivi di chiusura e di coronamento*

I dispositivi di chiusura e coronamento (chiusini e griglie) devono essere conformi a quanto prescritto dalla norma **UNI EN 124**.
Il marchio del fabbricante dovrà occupare una superficie non superiore al 2% di quella del coperchio e non dovrà riportare scritte di tipo pubblicitario.
La superficie del dispositivo di chiusura deve essere posizionata a quota del piano stradale finito.
I pozzetti delle fognature bianche potranno essere dotati di chiusini provvisti di fori d'aerazione (chiusini ventilati).

##### *86.2.3.1. Gradini d'accesso*

Il pozzetto dovrà essere dotato di gradini di discesa e risalita, collocati in posizione centrale rispetto al camino d'accesso. La scala dovrà essere alla marinara, con gradini aventi interasse di 30-32 cm, realizzati in ghisa grigia, ferro, acciaio inossidabile, acciaio galvanizzato o alluminio. Tali elementi devono essere opportunamente trattati con prodotti anticorrosione per prolungarne la durata. In particolare, le parti annegate nella muratura devono essere opportunamente protette con idoneo rivestimento, secondo il tipo di materiale, per una profondità di almeno 35 mm.

Nel caso di utilizzo di pioli (o canna semplice), questi devono essere conformi alle norme **DIN 19555** e avere diametro minimo di 20 mm e la sezione dovrà essere calcolata in modo tale che il piolo possa resistere a un carico pari a tre volte il peso di un uomo e dell'eventuale carico trasportato. La superficie di appoggio del piede deve avere caratteristiche antiscivolo.
Al posto dei pioli potranno utilizzarsi staffe (o canna doppia) che devono essere conformi alle seguenti norme:
- tipo corto: **DIN 1211 B**;
- tipo medio: **DIN 1211 A**;
- tipo lungo: **DIN 1212**.

In tutti i casi, i gradini devono essere provati per un carico concentrato di estremità non inferiore a 3240 N.
Nel caso di pozzetti profondi, la discesa deve essere suddivisa mediante opportuni ripiani intermedi, il cui dislivello non deve superare i 4 m.

### *86.3. Pozzetti prefabbricati*

I pozzetti potranno essere di tipo prefabbricato in cemento armato, PRFV, ghisa, PVC, PEad, ecc.
Il pozzetto prefabbricato deve essere costituito da un elemento di base provvisto di innesti per le tubazioni, un elemento di sommità a forma tronco conica o tronco piramidale che ospita in alto il chiusino, con l'inserimento di anelli o riquadri (detti raggiungi-quota) e da una serie di elementi intermedi, di varia altezza, che collegano la base alla sommità.
Le giunzioni con le parti prefabbricate devono essere adeguatamente sigillate, con materiali plastici ed elastici ad alto potere impermeabilizzante. Solo eccezionalmente, quando non sono richieste particolari prestazioni per l'assenza di falde freatiche e la presenza di brevi sovrapressioni interne (in caso di riempimento della cameretta), potrà essere ammessa l'impermeabilizzazione con malta di cemento. In ogni caso, sul lato interno del giunto, si devono asportare circa 2 cm di malta, da sostituire con mastici speciali resistenti alla corrosione.
Per i manufatti prefabbricati in calcestruzzo si farà riferimento alla norma **DIN 4034**.

### *86.4. Pozzetti realizzati in opera*

I pozzetti realizzati in opera potranno essere in muratura di mattoni o in calcestruzzo semplice o armato.
Le pareti dei muri devono essere ortogonali all'asse delle tubazioni per evitare il taglio dei tubi. Le pareti devono essere opportunamente impermeabilizzate, secondo le prescrizioni progettuali, al fine di prevenire la dispersione delle acque reflue nel sottosuolo.
Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con cemento CEM II R. 32.5 dosato a 200 kg per $m^3$ di impasto per il fondo e a 300 kg per $m^3$ per i muri perimetrali. Per le solette si impiegherà, invece, cemento tipo CEM II R. 425, nel tenore di 300 kg per $m^3$. In tal caso, sarà opportuno impiegare nel confezionamento additivi idrofughi.
La superficie interna del pozzetto, se in calcestruzzo, in presenza di acque fortemente aggressive, dovrà essere rifinita con intonaci speciali o rivestita con mattonelle di gres ceramico. In presenza di acque mediamente aggressive, si potrà omettere il rivestimento protettivo rendendo il calcestruzzo impermeabile e liscio e confezionandolo con cemento resistente ai solfati. Tutti gli angoli e gli spigoli interni del pozzetto devono essere arrotondati.
I pozzetti realizzati in murature o in calcestruzzo semplice devono avere uno spessore minimo di 20 cm, a meno di 2 m di profondità e di 30 cm per profondità superiori.
L'eventuale soletta in cemento armato di copertura, con apertura d'accesso, dovrà avere uno spessore minimo di 20 cm e un'armatura minima con 10 Ø 8 mm/m e 3 Ø 7 mm/m e opportunamente rinforzata in corrispondenza degli elementi di raccordo tra chiusino e cameretta.

### *86.5. Collegamento del pozzetto alla rete*

L'attacco della rete al pozzetto dovrà essere realizzato in modo da evitare sollecitazioni di taglio, ma consentendo eventuali spostamenti relativi tra la tubazione e il manufatto. A tal fine, devono essere impiegati appositi pezzi speciali, con superficie esterna ruvida, di forma cilindrica oppure a bicchiere o incastro, entro cui verrà infilato il condotto con l'interposizione di un anello in gomma per la sigillatura elastica. I due condotti di collegamento della canalizzazione al manufatto - in entrata e in uscita - devono avere lunghezze adeguate per consentire i movimenti anche delle due articolazioni formate dai giunti a monte e a valle del pozzetto.

*86.6. Pozzetti di salto (distinti dai dissipatori di carico per salti superiori ai 7-10 m)*

I pozzetti di salto devono essere adoperati per superamento di dislivelli di massimo 2-4 m. Per dislivelli superiori sarà opportuno verificare la compatibilità con la resistenza del materiale all'abrasione.
Le pareti devono essere opportunamente rivestite, specialmente nelle parti più esposte, soprattutto quando la corrente risulti molto veloce. Qualora necessario, si potrà inserire all'interno del pozzetto un setto, per attenuare eventuali fenomeni di macroturbolenza, conseguendo dissipazione di energia.
Il salto di fondo si può realizzare disponendo un condotto verticale che formi un angolo di 90° rispetto all'orizzontale, con condotto obliquo a 45° oppure con scivolo.

*86.7. Pozzetti di lavaggio (o di cacciata)*

Nei tratti di fognatura ove la velocità risulti molto bassa e dove possono essere presenti acque ricche di solidi sedimentabili, devono prevedersi pozzetti di lavaggio (o di cacciata), con l'obiettivo di produrre, a intervalli regolari, una portata con elevata velocità, eliminando, così, le eventuali sedimentazioni e possibili ostruzioni.
I pozzetti di lavaggio devono essere ispezionabili.
Con riferimento alla **C.M. n. 11633 del 7 gennaio 1974**, per le acque nere la velocità relativa alle portate medie non dovrà di norma essere inferiore ai 50 cm/s. Quando ciò non si potesse realizzare, devono essere interposti in rete adeguati sistemi di lavaggio. La velocità relativa alle portate di punta non dovrà di norma essere superiore ai 4 m/s.
Per le fognature bianche la stessa circolare dispone che la velocità massima non dovrà di norma superare i 5 m/s.
A tal fine, in entrambi i casi, dovrà assicurarsi in tutti tratti della rete una velocità non inferiore a 50 cm/s.

*86.8. Tubazioni, canalette, cunette e cunicoli*

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane e impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, è prevista, ove necessario, la sistemazione e la costruzione di collettori di scolo, canalette, cunette e cunicoli.

*86.8.1. Tubazioni*

*86.8.1.1. Tubazioni in cemento armato vibrato*

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, e avere le seguenti caratteristiche: $R_{ck} \geq 25$ MPa;
- spessore uniforme rapportato al diametro della tubazione;
- sezione perfettamente circolare e superfici interne lisce e prive di irregolarità;
- sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che dovrà essere sigillato in opera con malta di cemento.

Dovranno essere posti in opera su platea in conglomerato cementizio, eventualmente rinfiancati; il conglomerato per la platea e i rinfianchi sarà del tipo di fondazione, avente $R_{ck} \geq 25$ MPa.
Tra tubazione e platea dovrà essere interposto uno strato di malta dosata a 400 kg/m$^3$ di cemento.

*86.8.1.2. Tubazioni in PVC rigido*

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, dei tipi SN2, SDR 51, SN4, SDR 41, SN8 e SDR 34, secondo la norma **UNI 1401-1**.
La tubazione deve essere interrata in un cavo, di dimensioni previste in progetto, sul cui fondo sarà predisposto materiale fino di allettamento. Qualora previsto in progetto, verrà rinfrancato con conglomerato del tipo di fondazione con $R_{ck} \geq 25$ MPa.
Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile e indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.
La direzione dei lavori potrà prelevare campioni di tubi e inviarli a un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione. Qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme, l'impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali non accettati.

*86.8.1.3. Pozzetti e chiusini*

I pozzetti e i chiusini dovranno essere in conglomerato cementizio armato e vibrato, ben stagionato e avere le seguenti caratteristiche:
- $R_{ck} \geq 30$ MPa;
- armatura in rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e della maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

I chiusini avranno chiusura battentata e saranno posti su pozzetti e/o canalette, ancorati agli stessi.
I chiusini dovranno, inoltre, essere conformi alla norma **UNI EN 124**.
Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo non dovrà essere inferiore a 600 mm.
Tutti i coperchi, le griglie e i telai devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante:
- la norma di riferimento;
- la classe corrispondente;
- la sigla e/o nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono quelle indicate negli elaborati di progetto esecutivo.

*86.8.2. Canalette*

Le canalette dovranno essere in elementi prefabbricati in lamiera di acciaio ondulata e zincata oppure in conglomerato cementizio o fibrocemento.
L'acciaio della lamiera ondulata dovrà essere della qualità di cui alle norme AASHTO M. 167-70 e AASHTO M. 36-70, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40%, spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza UNI, carico unitario di rottura non minore di 340 N/mm$^2$, e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo in quantità non inferiore a 305 g/m$^2$ per faccia.

*86.8.2.1. Canalette a embrici*

Le canalette a embrici dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq$ …… MPa, secondo i disegni tipo di progetto.
Le canalette dovranno estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina al fosso di guardia.
Prima della posa in opera, l'impresa avrà cura di effettuare lo scavo di impostazione degli elementi di canaletta, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento, in modo tale che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato, per evitare il cedimento dei singoli elementi.
L'elemento al piede della canaletta, quando il fosso di guardia non è rivestito e manca l'ancoraggio, dovrà essere bloccato mediante due tondini in acciaio del diametro minimo di ……. mm e lunghezza non inferiore a …… cm, infissi nel terreno per almeno ……. cm, in modo tale che sporgano almeno …….. cm.
Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni tre elementi di canaletta per impedire il loro slittamento a valle.
In sommità la canaletta dovrà essere raccordata alla pavimentazione, mediante apposito invito in conglomerato cementizio gettato in opera o prefabbricato.
La sagomatura dell'invito dovrà essere tale che l'acqua non incontri ostacoli al regolare deflusso.

*86.8.3. Cunette*

La formazione di cunetta potrà avvenire con elementi prefabbricati, aventi le caratteristiche prescritte dal progetto, formate con conglomerato cementizio, con armatura idonea alla dimensione degli elementi.
Quest'opera comprenderà la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per consegnare i lavori.
Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito a cura e spese dell'impresa, sotto il controllo della direzione dei lavori, prelevando da ogni partita un elemento dal quale ricavare quattro provini cubici da sottoporre a prove di compressione presso un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del **D.P.R. n. 380/2001**, indicato dalla stessa direzione dei lavori.
Tassativamente si prescrive che ciascuna partita sottoposta a controllo non potrà essere posta in opera fino a

quando non saranno noti i risultati positivi delle prove.

### *86.8.4. Cunicoli*

La costruzione di cunicoli drenanti, aventi sezione all'interno del rivestimento, non superiore a 30 $m^2$, potrà avvenire con perforazione sia a mano sia meccanica in terreni di qualsiasi natura, durezza e consistenza, compresi gli oneri per la presenza e lo smaltimento di acqua di qualsiasi entità e portata, nonché per tutte le puntellature, armature e manto di qualsiasi tipo, natura ed entità.
Nell'esecuzione del lavoro si potranno adottare gli stessi sistemi di scavo utilizzati per le gallerie, quali:
- l'impiego di centinature, semplici o accoppiate, costituite da profilati o da strutture reticolari in ferro tondo, se è il caso integrate da provvisorie puntellature intermedie;
- il contenimento del cielo o delle pareti di scavo con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio, con conglomerato cementizio lanciato a pressione con l'eventuale incorporamento di rete e centine metalliche;
- l'impiego di ancoraggi e bullonaggi, marciavanti e lamiere metalliche;
- l'uso di attrezzature speciali e di altre apparecchiature meccaniche e, in genere, qualsiasi altro metodo di scavo a foro cieco.

### *86.8.5. Rivestimento per cunette e fossi di guardia*

#### *86.8.5.1. Elementi prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato*

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 30$ MPa, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo, in fili del diametro di 6 mm e del peso non inferiore a 3 kg/$m^2$.
Gli elementi dovranno avere forma trapezoidale o a L, secondo i disegni tipo di progetto, lo spessore dovrà essere non inferiore a 7 cm e le testate dovranno essere sagomate a incastro a mezza pialla. I giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500 kg/$m^3$ di cemento.
Dovranno, infine, essere posti in opera su letto di materiale arido, perfettamente livellato e costipato, avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura.

#### *86.8.5.2. Conglomerato cementizio, gettato in opera*

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, sarà eseguito con conglomerato cementizio e cemento CEM II con $R_{ck} \geq 30$ MPa, gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa; la lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, nonché la formazione di giunti.

#### *86.8.5.3. Muratura di pietrame*

Il rivestimento di cunette e fossi di guardia può essere eseguito in muratura di pietrame e malta dosata a 350 kg/$m^3$ di cemento normale, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti.
Il rivestimento dello spessore indicato in progetto sarà eseguito, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa e predisposizione sullo scavo della malta di allettamento.

### *86.9. Cordonature*

Le cordonature per la delimitazione dei marciapiedi dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 30$ MPa, in elementi di lunghezza 60÷100 m, di forma prismatica e della sezione indicata nel progetto esecutivo. Gli elementi non dovranno presentare imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature. Dovranno avere superfici in vista regolari e ben rifinite. Lo spigolo della cordonatura verso la strada deve essere arrotondato e/o smussato.
I cordoli possono essere realizzati direttamente in opera, mediante estrusione da idonea cordolatrice meccanica, e potranno essere realizzati in conglomerato sia bituminoso che cementizio, tipo II, con $R_{ck}$ = 30 MPa, previa mano di ancoraggio con emulsione bituminosa. I cordoli in calcestruzzo saranno finiti dopo maturazione con una mano di emulsione bituminosa.
Nel caso di impiego di elementi prefabbricati, ogni partita dovrà essere accompagnata dai corrispondenti certificati attestanti la qualità dei materiali utilizzati per la loro realizzazione, nonché dalle certificazioni

attestanti le dimensioni dell'elemento. Ciascuna partita di 100 elementi prefabbricati non potrà essere posta in opera fino a quando non saranno noti i risultati positivi della resistenza del conglomerato costituente la partita, mediante il prelievo di quattro provini. Nel caso che la resistenza sia inferiore a 30 MPa, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.
Gli elementi devono essere posti in opera su platea in conglomerato cementizio del tipo di fondazione avente $R_{ck}$ ≥ 25 MPa, interponendo uno strato di malta dosata a 400 kg/m$^3$ di cemento, che verrà utilizzata anche per la stuccatura degli elementi di cordonatura. Il piano superiore presenterà una pendenza del 2% verso l'esterno.

## Sezione III
## Impianti di illuminazione esterna

### Art. 87. **Impianti elettrici in generale**

*87.1. Materiali e prescrizione di qualità dei materiali elettrici*

Dovranno essere rispondenti alle norme CEI, UNI e alle tabelle di unificazione UNEL vigenti in materia, ove queste, per detti materiali e apparecchi, risultassero pubblicate e corrispondessero alle specifiche prescrizioni progettuali.
La rispondenza dei materiali e degli apparecchi dovrà essere attestata, ove previsto, dalla presenza del contrassegno dell'Istituto italiano del marchio di qualità (**IMQ**) o di contrassegno equipollente (**ENEC-03**).

NORME IMPIANTI ELETTRICI
**CEI 64-7** - *Impianti elettrici di illuminazione pubblica*.
**CEI 64-8** - *Impianti elettrici utilizzatori. Norme generali*;
**CEI 23-17** - *Tubi protettivi pieghevoli autorinvenenti di materiale termoplastico autoestinguente*;
**CEI 17-13/1** - *Quadri elettrici*;
**CEI 20-15** - *Cavi isolati con gomma G1 con grado d'isolamento non superiore a 4 (per sistemi elettrici con tensione nominale sino a 1kV)*;
**CEI 20-19** - *Cavi isolati con gomma con tensione nominale Uo/U non superiore a 450/750V, fasc. 662*;
**CEI 20-22** - *Prova dei cavi non propaganti l'incendio*;
**CEI 20-35** - *Prove sui cavi elettrici sottoposti al fuoco. Parte 1: prova di non propagazione della fiamma sul singolo cavo verticale*;
**CEI 20-37** - *Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici*;
**CEI 20-38** - *Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 1: tensione nominale Uo/U non superiore a 0,6/1 kV*;
**CEI 23-8** - *Tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori, fasc. 335*;
**CEI 23-51** - *Quadri di uso domestico e similari*;
**CEI 64-9** - *Impianti elettrici utilizzatori negli edifici a destinazione residenziale e similare, fasc. 1020*;
**CEI 34-2** - *Apparecchi d'illuminazione, fasc. 1348.*

*87.2. Oneri specifici per l'appaltatore*

L'appaltatore ha l'obbligo di fornire depliant e, ove possibile, campioni di almeno tre marche di ogni componente dell'impianto, per consentire la scelta al direttore dei lavori.
Per i corpi illuminanti, l'appaltatore dovrà fornire appositi campioni, da conservare in appositi locali. I materiali non accettati dovranno essere sostituiti e allontanati dal cantiere.
Eventuali difformità degli impianti rispetto alle prescrizioni progettuali dovranno essere segnalate al direttore dei lavori.

*87.3. Modalità di esecuzione degli impianti*

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni contrattuali.
In generale, l'appaltatore dovrà seguire le indicazioni del direttore dei lavori in caso di problemi di

interpretazione degli elaborati progettuali.
Al termine dell'esecuzione degli impianti, l'appaltatore dovrà rilasciare l'apposito certificato di conformità come previsto dal **D.M. n. 37/2008**.

## Art. 88. **Cavidotti**

### *88.1. Esecuzione di cavidotti*

I cavi interrati, secondo la norma **CEI 11-17**, **art. 2.3.11**, possono essere collocati nei seguenti modi:
- direttamente nel terreno;
- entro tubi;
- in condotti o cunicoli.

In tutti i casi i cavi dovranno essere muniti di guaina.

### *88.2. Posa direttamente nel terreno*

I cavi posati direttamente nel terreno dovranno essere collocati ad almeno 50 cm di profondità ed essere dotati di protezione supplementare per evidenziarne la presenza. Tale protezione non è richiesta per i cavi realizzati con armatura metallica costituita da fili di spessore di almeno 0,8 mm.
I cavi dovranno essere posti su letto di sabbia o terra vagliata per evitare danneggiamenti al cavo durante la posa in opera e il successivo riempimento.

### *88.3. Posa entro tubazione interrata*

I cavi posati direttamente nel terreno dovranno essere collocati ad almeno 50 cm di profondità ed essere dotati di protezione supplementare per evidenziarne la presenza.
Con riferimento alla norma **CEI 23-46**, in caso di impiego di tubazioni resistenti ad azioni meccaniche da normali attrezzi da scavo, non è richiesta una profondità minima di collocazione.

### *88.4. Posa in condotti o cunicoli interrati*

In caso di condotti o cunicoli interrati, non è richiesta alcuna profondità minima di collocazione.

### *88.5. Distanze di rispetto dei cavi interrati*

Le distanze di rispetto dei cavi interrati da altri cavi, tubazioni e strutture metalliche di altri servizi devono rispettare particolari distanze minime.

#### *88.5.1. Distanza da cavi di telecomunicazione*

In presenza di intersezione con cavi di telecomunicazione direttamente interrati, secondo la norma **CEI 11-17**, dovrà essere rispettata una distanza minima di almeno 30 cm. Inoltre, il cavo superiore dovrà essere protetto per almeno 100 cm. La protezione, realizzata in tubo o canaletta in acciaio inossidabile o zincato, dovrà avere uno spessore di almeno 2 mm. Per distanze inferiori a 30 cm dovrà essere realizzata la protezione anche per il tubo inferiore. Nel caso di cavi paralleli, dovrà essere rispettata la distanza minima di 30 cm.

#### *88.5.2. Distanza da tubazioni metalliche*

In presenza di intersezione con cavi di tubazioni metalliche direttamente interrati, secondo la norma **CEI 11-17**, dovrà essere rispettata una distanza minima di almeno 50 cm. Tale distanza potrà essere ridotta a 30 cm qualora il cavo venga interposto con un elemento separatore non metallico o altro materiale isolante.
Deve essere rispettata la distanza mimima di 100 cm delle connessioni dall'intersezione tra le due tubazioni.
Nel caso di cavi paralleli, dovrà essere rispettata la distanza minima di 30 cm. Il punto 4.3.02 b della norma **CEI 11-17**, adottando particolari accorgimenti, consente distanze inferiori.

#### *88.5.3. Distanza da serbatoi contenenti fluidi infiammabili*

In presenza di serbatoi interrati contenenti fluidi infiammabili, i cavi direttamente interrati devono distare

almeno 10 cm dalle superfici esterne dei serbatoi.

*88.5.4. Distanza da gasdotti*

Per le distanze da gasdotti valgono le stesse considerazioni per le tubazioni metalliche.

*88.6. Esecuzione di cavidotti lungo strade esistenti*

L'esecuzione dei cavidotti lungo le strade esistenti dovrà essere eseguita con le seguenti modalità:
- il taglio del tappetino bituminoso e dell'eventuale sottofondo in conglomerato dovrà avvenire mediante l'impiego di un tagliasfalto munito di martello idraulico con vanghetta. Il taglio avrà una profondità minima di 25 cm e gli spazi del manto stradale non tagliato non dovranno superare in lunghezza il 50% del taglio effettuato con la vanghetta idraulica;
- esecuzione dello scavo in trincea, con le dimensioni indicate nei disegni progettuali;
- fornitura e posa, nel numero stabilito nel progetto, di tubazioni rigide in materiale plastico a sezione circolare, con diametro esterno di ..….. mm, peso ..….. g/m, per il passaggio dei cavi elettrici. Le giunzioni fra tubi e il collegamento dei tubi con pozzetti saranno eseguite mediante idonee sigillature;
- la posa delle tubazioni in plastica del diametro esterno di 100 mm verrà eseguita mediante l'impiego di selle di supporto in materiale plastico a uno o a due impronte per tubi del diametro di 110 mm. Detti elementi saranno posati a un'interdistanza massima di 1,50 m, al fine di garantire il sollevamento dei tubi dal fondo dello scavo e assicurare in tal modo il completo conglobamento della stessa nel cassonetto di calcestruzzo;
- formazione di cassonetto in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, a protezione delle tubazioni in plastica. Il calcestruzzo sarà superiormente lisciato in modo che venga impedito il ristagno d'acqua;
- il riempimento dello scavo dovrà effettuarsi con materiali di risulta o con ghiaia naturale vagliata, sulla base delle indicazioni fornite dalla direzione dei lavori. Particolare cura dovrà porsi nell'operazione di costipamento da effettuarsi con mezzi meccanici. L'operazione di riempimento dovrà avvenire dopo almeno sei ore dal termine del getto di calcestruzzo;
- le linee sotterranee in cavo dovranno essere poste almeno a 70 cm dalla superficie del terreno e difese dalle varie eventuali sollecitazioni con opere adatte. Le derivazioni dovranno essere eseguite all'interno di appositi pozzetti.

## Art. 89. **Pozzetti**

*89.1. Generalità*

I pozzetti dovranno essere collocati in corrispondenza delle derivazioni, dei punti luminosi e dei cambi di direzione.
I chiusini dei pozzetti devono essere di tipo carrabile quando sono realizzati lungo strade o passi carrai.

*89.2. Raggi di curvatura*

Il raggio minimo di curvatura dei cavi privi di rivestimento metallico dovrà essere non inferiore a dodici volte il diametro esterno del cavo. Per i cavi con rivestimento metallico il raggio dovrà essere almeno quattordici volte il diametro.

*89.3. Pozzetti con chiusino in ghisa*

Nell'esecuzione dei pozzetti dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:
- formazione di platea in calcestruzzo dosata a 200 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, con fori per il drenaggio dell'acqua;
- formazione della muratura laterale di contenimento, in mattoni pieni e malta di cemento;
- conglobamento, nella muratura di mattoni, delle tubazioni in plastica interessate dal pozzetto; sigillature con malta di cemento degli spazi fra muratura e tubo;
- formazione, all'interno dei pozzetti, di rinzaffo in malta di cemento grossolanamente lisciata;
- fornitura e posa, su letto di malta di cemento, di chiusino in ghisa, completo di telaio, per traffico incontrollato,

luce netta 50 cm × 50 cm, peso 90 kg circa, con scritta “Illuminazione pubblica” sul coperchio;
- riempimento del vano residuo con materiale di risulta o con ghiaia naturale costipati.

*89.4. Pozzetto prefabbricato interrato*

È previsto l'impiego di pozzetti prefabbricati e interrati, comprendenti un elemento a cassa, con due fori di drenaggio, e un coperchio rimovibile.
Detti manufatti, di calcestruzzo vibrato, avranno sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto.

## Art. 90. **Blocchi di fondazioni. Pali di sostegno**

*90.1. Blocchi di fondazione dei pali*

Nell'esecuzione dei blocchi di fondazione per il sostegno dei pali saranno mantenute le caratteristiche dimensionali e costruttive indicate nei disegni progettuali. Dovranno, inoltre, essere rispettate le seguenti prescrizioni:
- esecuzione della scavo con misure adeguate alle dimensioni del blocco;
- formazione del blocco in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto;
- esecuzione della nicchia per l'incastra del palo, con l'impiego di cassaforma;
- fornitura e posa, entro il blocco in calcestruzzo, di spezzone di tubazione in plastica del diametro esterno di ….. mm per il passaggio dei cavi;
- riempimento eventuale dello scavo con materiale di risulta o con ghiaia naturale accuratamente costipata;
- sistemazione del cordolo in pietra eventualmente rimosso.

Per tutte le opere elencate nel presente articolo è previsto dall'appalto il ripristino del suolo pubblico.
Il dimensionamento maggiore dei blocchi di fondazione rispetto alle misure indicate in progetto non darà luogo a nessun ulteriore compenso.

*90.2. Pali di sostegno*

I pali di sostegno delle lampade per illuminazione pubblica devono essere conformi alle norme **UNI EN 40**. Dovrà curarsi il perfetto allineamento nel senso orizzontale e la perfetta posa in opera verticale, in modo che la sommità di ogni sostegno venga a trovarsi all'altezza prefissata.
È previsto l'impiego di pali d'acciaio di qualità almeno pari a quelli Fe 360 grado B o migliori, secondo la norma **UNI EN 10025**, a sezione circolare e forma conica (forma A2, norma **UNI-EN 40-2**) saldati longitudinalmente secondo la norma **CNR UNI 10011**.
Tutte le caratteristiche dimensionali e i particolari costruttivi sono indicati nei disegni progettuali. In corrispondenza del punto di incastro del palo, nel blocco di fondazione dovrà essere riportato un collare di rinforzo della lunghezza di 40 cm, dello spessore identico a quello del palo stesso e saldato alle due estremità a filo continuo.
Per il fissaggio dei bracci o dei cordoli dovranno essere previste sulla sommità dei pali due serie di tre fori cadauna sfalsati tra di loro di 120°, con dadi riportati in acciaio inox M10 · 1 saldati prima della zincatura.
Le due serie di fori dovranno essere poste rispettivamente a 5 cm e a 35 cm dalla sommità del palo. Il bloccaggio dei bracci o dei cordoli per apparecchi a cima palo dovrà avvenire tramite grani in acciaio inox M10 · 1 temprati a induzione. Sia i dadi che i suddetti grani dovranno essere in acciaio inox del tipo X12 Cr13, secondo la norma **UNI EN 10088-1**.
Nei pali dovranno essere praticate due aperture delle seguenti dimensioni:
- un foro ad asola della dimensione di 150 mm × 50 mm, per il passaggio dei conduttori, posizionato con il bordo inferiore a 500 mm dal previsto livello del suolo;
- una finestrella d'ispezione delle dimensioni di 200 mm × 75 mm, che dovrà essere posizionata con l'asse orizzontale parallelo al piano verticale passante per l'asse longitudinale del braccio o dell'apparecchio di illuminazione a cima-palo, e collocata dalla parte opposta al senso di transito del traffico veicolare, con il bordo inferiore ad almeno 600 mm al di sopra dei livello del suolo. La chiusura della finestrella d'ispezione dovrà avvenire mediante un portello realizzato in lamiera zincata a filo palo con bloccaggio mediante chiave

triangolare oppure, solo nel caso sussistano difficoltà di collocazione della morsettiera e previo benestare del direttore dei lavori, con portello in rilievo, adatto al contenimento di detta morsettiera, sempre con bloccaggio mediante chiave triangolare.
Il portello deve comunque essere montato in modo da soddisfare il grado minimo di protezione interna IP 33, secondo norma **CEI 70-1**. La finestrella d'ispezione dovrà consentire l'accesso all'alloggiamento elettrico, che dovrà essere munito di un dispositivo di fissaggio (guida metallica) destinato a sostenere la morsettiera di connessione in classe II.
Per la protezione di tutte le parti in acciaio (pali, portello, guida d'attacco, braccio e codoli) è richiesta la zincatura a caldo, secondo la norma **CEI 7-6**.
Il percorso dei cavi nei blocchi e nell'asola inferiore dei pali sino alla morsettiera di connessione dovrà essere protetto tramite uno o più tubi in PVC flessibile, serie pesante, diametro 50 mm, posato all'atto della collocazione dei pali stessi entro i fori predisposti nei blocchi di fondazione medesimi, come da disegni particolari. Per il sostegno degli apparecchi di illuminazione su mensola o a cima-palo dovranno essere impiegati bracci in acciaio o cordoli zincati a caldo (secondo la norma **UNI EN 40-4**) e aventi le caratteristiche dimensionali indicate nei disegni progettuali.

## Art. 91. **Linee per energia elettrica**

L'appaltatore dovrà provvedere alla fornitura e alla posa in opera dei cavi relativi al circuito di alimentazione di energia. Sono previsti cavi per energia elettrica identificati dalle seguenti sigle di designazione:
- cavi unipolari con guaina con sezione sino a 6 $mm^2$: cavo 1 · a UG5R-0,6/1 kV;
- cavi unipolari con guaina con sezione superiore a 6 $mm^2$: cavo 1 · a RG5R-0,6/i kV;
- cavi bipolari della sezione di 2,5 $mm^2$: cavo 2 · 2,5 UG5OR-0,6/1 kV.

Tutti i cavi saranno rispondenti alla norma **CEI 20-13** e varianti e dovranno disporre di certificazione IMQ o equivalente. Nelle tavole allegate sono riportati schematicamente, ma nella reale disposizione planimetrica, il percorso, la sezione e il numero dei conduttori.
L'appaltatore dovrà attenersi scrupolosamente a quanto indicato negli elaborati progettuali, salvo eventuali diverse prescrizioni della direzione dei lavori.
Tutte le linee dorsali d'alimentazione, per posa sia aerea sia interrata, saranno costituite da quattro cavi unipolari uguali. In alcune tratte terminali d'alimentazione saranno impiegati cavi tripolari con sezione di 2,5 $mm^2$. I cavi per la derivazione agli apparecchi di illuminazione saranno bipolari, con sezione di 2,5 $mm^2$.
I cavi multipolari avranno le guaine isolanti interne colorate in modo da individuare la fase relativa. Per i cavi unipolari la distinzione delle fasi e del neutro dovrà apparire esternamente sulla guaina protettiva. È consentita l'apposizione di fascette distintive ogni tre metri in nastro adesivo, colorate in modo diverso (marrone fase R, bianco fase 5, verde fase T, blu chiaro per il neutro).
I cavi infilati entro pali o tubi metallici saranno ulteriormente protetti da guaina isolante.

## Art. 92. **Cassette, giunzioni, derivazioni, guaine isolanti**

La derivazione agli apparecchi di illuminazione, in cavo bipolare della sezione di 2,5 $mm^2$, sarà effettuata con l'impiego di cassetta di connessione in classe II, tipo SGVP, collocata nell'alloggiamento e con transito nella medesima dei cavi unipari di dorsale. La salita all'asola dei cavi unipolari sarà riservata unicamente alla fase interessata e al neutro, escludendo le restanti due fasi. Per tratti di dorsali rilevanti dovrà essere previsto, altresì, un sezionamento dell'intera linea, facendo transitare le tre fasi e il neutro in una cassetta di connessione collocata nell'asola di un palo, secondo indicazione del direttore dei lavori.
Per le giunzioni o derivazioni su cavo unipolare, con posa in cavidotto, è previsto l'impiego di muffole tipo …… o similare. Dette muffole dovranno essere posate esclusivamente nei pozzetti in muratura o prefabbricati.
Come detto, tutti i conduttori infilati entro i pali e bracci metallici, saranno ulteriormente protetti, agli effetti del doppio isolamento, da una guaina isolante di diametro adeguato, che dovrà avere rigidità dielettrica ~ 10 kV/mm. Il tipo di guaina isolante dovrà, comunque, essere approvato dal direttore dei lavori.

## Art. 93. **Fornitura e posa degli apparecchi di illuminazione**

### *93.1. Grado di protezione*

Tutti gli apparecchi di illuminazione devono avere i seguenti gradi di protezione interna minima:
- apparecchi per illuminazione stradale aperti (senza coppa o rifrattore):
- vano ottico = IP X 3;
- vano ausiliari = IP 23.
- apparecchi per illuminazione stradale chiusi (con coppa o rifrattore):
- vano ottico = IP 54;
- vano ausiliari = IP 23.
- proiettori su torri faro o parete (verso il basso) = IP 65;
- proiettori sommersi = IP 68.

Gli apparecchi dovranno, altresì, essere realizzati in classe II ed essere rispondenti all'insieme delle seguenti norme:
- **CEI 34-21** fascicolo n. 1034 e relative varianti;
- **CEI 34-30** fascicolo n. 773 e relative varianti sui proiettori per illuminazione;
- **CEI 34-33** fascicolo n. 803 e relative varianti sugli apparecchi per illuminazione stradale.

In ottemperanza alla norma **CEI 34-21**, i componenti degli apparecchi di illuminazione dovranno essere cablati a cura del costruttore degli stessi e dovranno, pertanto, essere forniti e dotati di lampade e ausiliari elettrici rifasati. Detti componenti dovranno essere conformi alle norme CEI di riferimento.
Gli apparecchi di illuminazione destinati a contenere lampade a vapori di sodio ad alta pressione dovranno essere cablati con i componenti principali (lampade, alimentatori e accenditori) della stessa casa costruttrice, in modo da garantire la compatibilità tra i medesimi.
I riflettori per gli apparecchi di illuminazione destinati a contenere lampade a vapori di sodio ad alta pressione devono essere conformati in modo da evitare che le radiazioni riflesse si concentrino sul bruciatore della lampada in quantità tale da pregiudicarne la durata o il funzionamento.

### *93.2. Prove*

Tali apparecchi devono essere provati secondo le prescrizioni della norma **CEI 34-24** e si riterranno conformi quando la differenza tra le due tensioni di lampada (in aria libera e all'interno dell'apparecchio) è inferiore a:
- 12 V per le lampade da 400 W bulbo tubolare chiaro;
- 7 V per le lampade da 400 W bulbo ellissoidale diffondente;
- 10 V per le lampade da 250 W (entrambi i due tipi);
- 7 V per le lampade da 150 W e 100 W bulbo tubolare chiaro;
- 5 V per le lampade da 150 W e 100 W bulbo ellissoidale diffondente.

Sugli apparecchi di illuminazione dovranno essere indicati in modo chiaro e indelebile, in una posizione che li renda visibili durante la manutenzione, i dati previsti dalla sezione 3 (marcatura della norma **CEI 34-21**).

### *93.3. Requisiti per la prevenzione dell'inquinamento luminoso*

Gli apparecchi di illuminazione dovranno presentare caratteristiche per la prevenzione dell'inquinamento luminoso mediante l'uso di lampade full cut-off con vetro piano e trasparente.
In particolare, i corpi illuminanti posti in opera dovranno avere un'emissione nell'emisfero superiore (cioè con $\gamma \geq 90°$) non superiore allo 0% del flusso totale emesso.
Apparecchi di illuminazione con valori superiori di emissione verso l'alto sino al massimo del 3% del flusso luminoso totale emesso potranno essere installati, previa preventiva autorizzazione e a seguito di reali necessità impiantistiche.

### *93.4. Documentazione tecnica*

La documentazione tecnica dovrà comprendere la misurazione fotometrica dell'apparecchio, effettuata secondo le norme in vigore, sia in forma tabellare su supporto cartaceo sia sotto forma di file standard.
Tale documentazione dovrà specificare, tra l'altro:
- la temperatura ambiente durante la misurazione;

- la tensione e la frequenza di alimentazione della lampada;
- la norma di riferimento utilizzata per la misurazione;
- l'identificazione del laboratorio di misura;
- la specifica della lampada (sorgente luminosa) utilizzata per la prova;
- il nome del responsabile tecnico di laboratorio;
- la corretta posizione dell'apparecchio durante la misurazione;
- il tipo di apparecchiatura utilizzata per la misura e la classe di precisione.

Questi dati devono essere accompagnati da una dichiarazione sottoscritta dal responsabile tecnico di laboratorio che attesti la veridicità della misura.

Gli apparecchi devono, inoltre, essere forniti della seguente ulteriore documentazione:

- angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale a cui deve essere montato l'apparecchio. In genere, l'inclinazione deve essere nulla (vetro di protezione parallelo al terreno);
- diagramma di illuminamento orizzontale (curve isolux) riferite a 1000 lumen;
- diagramma del fattore di utilizzazione;
- classificazione dell'apparecchio agli effetti dell'abbagliamento con l'indicazione delle intensità luminose emesse rispettivamente a 90° e a 80° rispetto alla verticale e alla direzione dell'intensità luminosa massima (I max) sempre rispetto alla verticale.

Il tipo di apparecchio di illuminazione da installare, nell'ipotesi che non sia già stato definito nel disegno dei particolari, dovrà comunque essere approvato dal direttore dei lavori.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno essere di classe II e, pertanto, si dovrà porre la massima cura nell'esecuzione dei collegamenti elettrici, affinché in essi sia mantenuto il doppio isolamento.

## Art. 94. **Fornitura e posa del contenitore del gruppo di misura e del complesso di accensione e protezione**

L'appaltatore provvederà alla fornitura e posa presso il punto di consegna indicato dal progetto, di un contenitore in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro delle seguenti dimensioni approssimative:

- larghezza 70-75 cm;
- altezza da terra 140-150 cm;
- profondità 30-40 cm con grado di protezione interna minimo di IP 54 (norma **CEI 70-1**).

Tale contenitore dovrà essere diviso verticalmente in due vani con aperture separate, di cui una destinata a contenere il gruppo di misura installato dall'ente distributore. La relativa serratura di chiusura dovrà essere installata dall'ente medesimo, previo accordo con gli organismi territoriali competenti. Il contenitore dovrà appoggiare su un apposito zoccolo in calcestruzzo prefabbricato o realizzato in opera, che consenta l'ingresso dei cavi sia del distributore dell'energia elettrica sia dell'impianto in oggetto. Sono, altresì, a cura dell'appaltatore, le opere murarie e di scavo per l'ingresso nel contenitore dei cavi dell'ente distributore.

Il secondo vano dovrà contenere le apparecchiature di comando, di sezionamento e di protezione, così come definite nello schema unifilare indicato nel disegno progettuale. L'apertura di tale vano dovrà essere munita di apposita serratura.

Il quadro elettrico ivi contenuto dovrà essere realizzato con isolamento in classe II, così come il resto dell'impianto di illuminazione.

Le apparecchiature elettriche dovranno essere conformi alle corrispondenti norme CEI. In particolare, i teleruttori dovranno avere caratteristiche conformi alla norma **CEI 17-3 fascicolo 252**.

L'appaltatore dovrà, altresì, provvedere alla fornitura, posa e collegamento di un interruttore crepuscolare fotoelettrico adatto all'installazione esterna, in posizione idonea e protetta da eventi accidentali o vandalici, con le seguenti caratteristiche:

- classe di isolamento II;
- grado: IP 54;
- valore di intervento: 10 + 2 lux;
- carico massimo alimentarie: 5 A.

Gli organi di protezione dovranno essere dimensionati in modo da garantire la protezione contro i cortocircuiti dell'intero impianto, secondo le norme **CEI 64-8 fascicolo 1000**.
Il tipo di contenitore, le apparecchiature ivi contenute e il relativo quadro dovranno, comunque, avere la preventiva approvazione del direttore dei lavori.

### Art. 95. **Impianto di terra. Dispersori**

L'impianto non prevede la messa a terra degli apparecchi di illuminazione e delle altre parti metalliche, in quanto tutto il sistema sarà realizzato con doppio isolamento (classe II). Qualora, per particolari esigenze, venissero impiegati apparecchi di illuminazione sprovvisti di isolamento in classe II oppure sia necessario realizzare la protezione delle strutture contro i fulmini, occorre realizzare l'impianto di terra.
Gli apparecchi di illuminazione saranno collegati a una terra di sezione adeguata, comunque non inferiore ai 16 $mm^2$ e i conduttori di terra e di protezione avranno guaina di colore giallo-verde e saranno di tipo H07 V.
La linea dorsale sarà collegata al dispersore unico mediante conduttore isolato, della sezione minima di 16 $mm^2$ di tipo H07 V-R, protetto con tubazione nei tratti discendenti.
Tenendo conto che il dispersore sarà unico, sia per la protezione contro i fulmini sia per la protezione contro i contatti indiretti, esso dovrà rispondere alle prescrizioni delle norme **CEI 81-1**, **CEI 64-8** e **CEI 11-8**.
I dispersori saranno a puntazza componibile, posati entro appositi pozzetti di ispezione di tipo carreggiabile, in resina rinforzata, e dovranno tutti essere collegati fra di loro.
Sia i dispersori a puntazza sia i pozzetti di ispezione dovranno essere preventivamente approvati dalla direzione dei lavori.

# Capitolo 10. OPERE A VERDE

### Art. 96. **Terra da coltivo riportata**

La terra da coltivo, prima della messa in opera, dovrà essere accettata dalla direzione dei lavori, in merito ai seguenti valori:
- pH minore o uguale al 6;
- calcare totale maggiore o uguale al 5%;
- sostanze organiche minori all'1,5%;
- azoto totale minore allo 0,1%;
- fosforo ammissibile minore di 30 ppm;
- potassio assimilabile minore del 2%;
- conducibilità idraulica minore di 0,5 cm · ora;
- conducibilità ECe.

La terra da coltivo dovrà essere priva di pietre, elementi di tronchi, rami, radici e altri elementi che ne possano ostacolare la lavorazione agronomica durante la posa in opera.

NORME DI RIFERIMENTO
**CNR** - *Guida alla descrizione del suolo*, 1987;
**S.I.S.S.** - *Metodi normalizzati di analisi del suolo*.

### Art. 97. **Substrati di coltivazione**

I substrati di coltivazione (terricciato di letame, terriccio di castagno, terra d'erica, terriccio di foglie di faggio, terriccio di bosco, sfagno, torba, miscugli tra vari substrati) dovranno essere forniti in confezioni sigillate, nelle

quali è riportata la quantità, il tipo e le caratteristiche del contenuto. In assenza di tali informazioni, l'appaltatore dovrà produrre alla direzione dei lavori, prima della messa in opera, i risultati delle analisi.
La fornitura delle analisi è obbligatoria in caso di substrati non confezionati e privi delle indicazioni riportate sulla confezione. L'appaltatore (a esclusione della torba e dello sfagno) dovrà fornire indicazioni sui seguenti parametri:
- sostanza organica;
- azoto nitrico;
- azoto ammoniacale;
- densità apparente riferita a uno specificato tenore di umidità;
- capacità idrica di campo;
- conducibilità ECe.

L'eventuale sostituzione dei substrati non confezionati con altri componenti (sabbia lavata, perlite, polistirolo espanso, pomice, pozzolana, argilla espansa, ecc.) deve essere autorizzata dalla direzione dei lavori.

NORME DI RIFERIMENTO

**Legge 19 ottobre 1984, n. 748** - *Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti*;
**CNR** - *Guida alla descrizione del suolo*, 1987;
**S.I.S.S.** - *Metodi normalizzati di analisi del suolo*.

## Art. 98. **Concimi organici e minerali**

I concimi organici e minerali dovranno rispettare le prescrizioni normative vigenti e rispondere alle prescrizioni contrattuali. Eventuali sostituzioni dovranno essere autorizzate dalla direzione dei lavori, in base a specifiche analisi di laboratorio e alla specie della pianta da mettere a dimora.

*109.1 Concimi organici*

I concimi organici si distinguono in:
- concimi organici azotati;
- concimi organici NP.

CONCIMI ORGANICI AZOTATI

I concimi organici azotati devono contenere, esclusivamente ed espressamente dichiarato, azoto organico, di origine animale oppure vegetale. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili né di fosforo né di potassio, a meno che questo non costituisca parte integrante di matrici organiche.

CONCIMI ORGANICI NP

I concimi organici NP devono contenere, esclusivamente ed espressamente dichiarati, azoto organico e fosforo, di origine animale oppure vegetale. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di potassio. È consentita, nei casi previsti, la dichiarazione dell'anidride fosforica totale, quando il fosforo, anche se non in forma organica, costituisce parte integrante di matrici organiche.

*98.1. Concimi minerali*

*98.1.1. Concimi minerali semplici*

I concimi minerali semplici comprendono:
- concimi minerali azotati semplici;
- concimi minerali fosfatici semplici
- concimi minerali potassici semplici.

CONCIMI MINERALI AZOTATI SEMPLICI

Devono contenere, espressamente dichiarato, azoto in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di fosforo o di potassio.

CONCIMI MINERALI FOSFATICI SEMPLICI
Devono contenere, espressamente dichiarato, fosforo in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di azoto o di potassio.

CONCIMI MINERALI POTASSICI SEMPLICI
Devono contenere, espressamente dichiarato, potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di azoto o di fosforo.

*98.1.2. Concimi minerali composti*

I concimi minerali composti si distinguono in:
- concimi minerali composti NP;
- concimi minerali composti NK;
- concimi minerali composti PK;
- concimi minerali composti NPK.

CONCIMI MINERALI COMPOSTI NP
Devono contenere, espressamente dichiarati, azoto e fosforo in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di potassio.

CONCIMI MINERALI COMPOSTI NK
Devono contenere, espressamente dichiarati, azoto e potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di fosforo.

CONCIMI MINERALI COMPOSTI PK
Devono contenere, espressamente dichiarati, fosforo e potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di azoto.

CONCIMI MINERALI COMPOSTI NPK
Devono contenere, espressamente dichiarati, azoto, fosforo e potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi.

*98.1.3. Concimi minerali a base di elementi secondari*

Sono concimi a base di elementi secondari i prodotti - naturali o sintetici - che contengono espressamente dichiarato un elemento secondario tra calcio, magnesio, sodio e zolfo. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili degli elementi chimici principali della fertilità.

*98.1.3.1. Concimi minerali a base di microelementi (oligo-elementi)*

Sono concimi a base di microelementi i prodotti, naturali o sintetici, che contengono espressamente dichiarato uno o più microelementi tra boro, cobalto, rame, ferro, manganese, molibdeno e zinco. Possono anche contenere elementi secondari, ma non quantità dichiarabili degli elementi chimici principali della fertilità.

*98.2. Acqua per innaffiamento*

L'acqua per innaffiamento delle piante non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.
L'appaltatore, a richiesta della direzione dei lavori, dovrà fornire le necessarie analisi sulla qualità dell'acqua e il periodo di utilizzazione in base alla temperatura.

*98.3. Estrazione dal vivaio e controllo delle piante*

*98.4. Generalità*

L'estrazione delle piante dal vivaio deve essere effettuata con tutte le precauzioni necessarie per non danneggiare le radici principali e secondo le tecniche appropriate per conservare l'apparato radicale capillare ed evitare di spaccare, scortecciare o danneggiare la pianta. L'estrazione non deve essere effettuata con vento che possa disseccare le piante o in tempo di gelata. L'estrazione si effettua a mano nuda o meccanicamente. Le piante potranno essere fornite a radice nuda o collocate in contenitori o in zolle. Le zolle dovranno essere imballate opportunamente con involucro di iuta, paglia, teli di plastica o altro.

Prima della messa a dimora, lo stato di salute e la conformazione delle piante devono essere verificati in cantiere e le piante scartate dovranno essere immediatamente allontanate.

Per ciascuna fornitura di alberi, sia adulti sia giovani, un'etichetta attaccata deve indicare, attraverso un'iscrizione chiara e indelebile, tutte le indicazioni atte al riconoscimento delle piante (genere, specie, varietà e numero - nel caso la pianta faccia parte di un lotto di piante identiche - vivaio di provenienza).

La verifica della conformità dell'esemplare alla specie e alla varietà della pianta si effettuerà nel corso del primo periodo di vegetazione che segue la messa a dimora.

*98.5. Alberi*

Gli alberi dovranno avere la parte aerea a portamento e forma regolare - simile agli esemplari cresciuti spontaneamente - a sviluppo robusto, non filato e che non dimostri una crescita troppo rapida per eccessiva densità di coltivazione in vivaio o in un terreno troppo irrigato o concimato.

Le piante dovranno essere trapiantate un numero di volte sufficienti secondo le buone regole vivaistiche, con l'ultima lavorazione alle radici risalente a non più di tre anni, secondo la tabella 109.1.

**Tabella 109.1. Modalità di lavorazione**

| | | |
|---|---|---|
| **Foglia caduca** | Fino a circonferenza 12-15 cm Fino a circonferenza 20-25 cm Fino a circonferenza 30-35 cm | Almeno un trapianto Almeno due trapianti Almeno tre trapianti |
| | Fino ad altezza di 2-2,50 m | Almeno un trapianto e circonferenza proporzionata all'altezza |
| | Fino ad altezza di 2,50-4 m | Almeno un trapianto e circonferenza proporzionata all'altezza |
| **Sempre verdi** | Fino ad altezza di 2,50-4 m | Almeno due trapianti e circonferenza proporzionata all'altezza |
| | Fino ad altezza di 5-6 m | Almeno tre trapianti e circonferenza proporzionata all'altezza |

L'apparato radicale, che dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane, dovrà essere racchiuso in contenitore (vaso, cassa, mastello) con relativa terra di coltura o in zolla rivestita (paglia, plan plast, iuta, rete metallica, fitocella).

## Art. 99. **Precauzioni da prendere fra l'estrazione e la messa a dimora**

Nell'intervallo compreso fra l'estrazione e la messa a dimora delle piante dovranno essere prese le precauzioni necessarie per la loro conservazione e per evitare traumi o disseccamenti, nonché danni causati dal gelo.

Prima della messa a dimore delle piante, l'impresa appaltatrice, qualora ordinato dalla direzione dei lavori, dovrà procedere al riempimento parziale delle buche già predisposte, per collocare le piante su uno strato di fondo di spessore adeguato al tipo di pianta.

Le piante messe a dimora non dovranno presentare radici allo scoperto, né risultare interrate oltre il livello di colletto.

Durante la messa a dimora, l'eventuale imballo o contenitore della zolla dovrà essere tagliato al colletto e aperto lungo i lati o fianchi, ma non dovrà essere rimosso sotto la zolla.

Le buche dovranno essere riempite con terra da coltivo semplice oppure miscelata con torba e opportunamente costipata. La direzione dei lavori potrà richiedere l'effettuazione di una concimazione localizzata, in modo da

non provocare danni per disidratazione.
Dopo il riempimento, attorno alla pianta, dovrà essere realizzata una conca o un bacino per consentire la ritenzione dell'acqua, che deve essere somministrata in quantità abbondante per agevolare la ripresa della pianta e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla.

### Art. 100. **Periodo di messa a dimora**

La messa a dimora non dovrà essere eseguita in periodo di gelate né in periodi in cui la terra è imbibita d'acqua in conseguenza di pioggia o del disgelo.
Salvo diverse prescrizioni del direttore dei lavori, la messa a dimora degli alberi dovrà effettuarsi tenendo conto del clima, in funzione della regione e/o dell'altitudine.
Per le piante messe a dimora a stagione avanzata dovranno, comunque, essere previste cure particolari per assicurarne l'attecchimento.

### Art. 101. **Preparazione delle piante prima della messa a dimora**

Prima della messa a dimora, le eventuali lesioni del tronco dovranno essere curate nei modi più appropriati. Le radici, se nude, dovranno essere ringiovanite recidendo le loro estremità e sopprimendo le parti traumatizzate o secche.
È bene, tuttavia, conservare il massimo delle radici minori, soprattutto se la messa a dimora è tardiva.
Se si dovesse rendere necessaria la potatura della parte aerea della pianta, questa dovrà essere eseguita in modo da garantire un equilibrio fra il volume delle radici e l'insieme dei rami.

### Art. 102. **Preparazione delle buche e dei fossi per la messa a dimora delle piante**

Le buche e i fossi per la messa a dimora di piante dovranno essere di dimensioni ampie, ovvero in rapporto alle caratteristiche delle piante da mettere a dimora, con una larghezza e una profondità corrispondenti ad almeno 1,5 volte il diametro e rispettivamente l'altezza dell'apparato radicale delle pianta o del pane.
I lavori per l'apertura di buche e fosse delle piante dovranno essere effettuati dopo i movimenti di terra a carattere generale, prima dell'eventuale apporto di terra vegetale.
I materiali provenienti dagli scavi non riutilizzabili, perché non ritenuti idonei, dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dell'impresa e sostituiti con terra idonea.
Se necessario, le pareti e il fondo delle buche o fosse vanno opportunamente spicconati, affinché le radici possano penetrare in un ambiente sufficientemente morbido e aerato.
Salvo diverse prescrizioni della direzione dei lavori, buche e fosse potranno essere aperte manualmente o meccanicamente e non dovranno restare aperte per un periodo superiore a otto giorni.

### Art. 103. **Carico, trasporto e accatastamento delle piante**

Le piante, provenienti dai vivai o dalla campagna, dovranno essere caricate ordinatamente sui mezzi da trasporto, disponendo vicine le piante della stessa specie e dimensioni. Dovrà evitarsi l'essiccamento durante il trasporto utilizzando veicoli idonei.
L'appaltatore dovrà comunicare alla direzione dei lavori la data di consegna delle piante in cantiere, ai fini della loro verifica e accettazione.
In cantiere, le piante dovranno essere accatastate per un tempo massimo di ……. giorni/ore, avendo cura di evitare l'essiccazione e il surriscaldamento, compensando le perdite di umidità verificatesi durante il trasporto.

#### 103.1. Messa a dimora di piante

*103.2. Generalità*

Prima della messa a dimora delle piante, l'impresa, qualora ordinato dalla direzione dei lavori, dovrà procedere al riempimento parziale delle buche già predisposte, per collocare le piante su uno strato di fondo di spessore adeguato al tipo di pianta.
Le piante messe a dimora non dovranno presentare radici allo scoperto né risultare interrate oltre il livello di colletto.
Durante la messa a dimora, l'eventuale imballo o contenitore della zolla dovrà essere tagliato al colletto e aperto lungo i lati o fianchi, ma non dovrà essere rimosso sotto la zolla.

*103.3. Collocazione delle piante e riempimento delle buche*

Sul fondo della buca dovrà essere disposto uno strato di terra vegetale, con esclusione di ciottoli o materiali impropri per la vegetazione, sulla quale verrà sistemato l'apparato radicale.
La pianta dovrà essere collocata in modo che il colletto si trovi al livello del fondo della conca di irrigazione. L'apparato radicale non deve essere compresso, ma sarà spostato.
La buca di piantagione dovrà, poi, essere colmata con terra da coltivo semplice oppure miscelata con torba e opportunamente costipata. La compattazione della terra dovrà essere eseguita con cura in modo da non danneggiare le radici e non squilibrare la pianta, che deve restare dritta e non lasciare sacche d'aria.
La direzione dei lavori potrà richiedere l'effettuazione di una concimazione localizzata, in modo non provocare danni per disidratazione.

*103.4. Conche di irrigazione*

La terra dovrà essere sistemata al piede della pianta, in modo da formare intorno al colletto una piccola conca. L'impresa dovrà effettuare una prima irrigazione in quantità abbondante, che fa parte dell'operazione di piantagione, per agevolare la ripresa della pianta e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla.

*103.5. Pali di sostegno, ancoraggi e legature*

La direzione dei lavori dovrà verificare che gli alberi e gli arbusti messi a dimora risultino dotati di pali di sostegno, di diametro e altezza in funzione delle piante.
I pali di sostegno (o tutori) dovranno essere dritti, scortecciati e appuntiti nella parte di maggiore diametro. La parte appuntita da collocarsi nel terreno dovrà essere trattata e resa imputrescibile per un'altezza di almeno 10 cm. La direzione dei lavori potrà autorizzare l'impiego di pali in legno di produzione industriale, appositamente trattati allo scopo.
A discrezione della direzione dei lavori, i pali potranno essere sostituiti con ancoraggi in funi d'acciaio dotati di tendifilo.
Le legature dovranno essere costituite da materiale elastico o corde di canapa (è vietato l'impiego di filo di ferro).
La direzione dei lavori potrà ordinare di inserire fra tronco e tutore un apposito cuscinetto antifrizione, in modo da evitare eventuali danni alla corteccia.

## Art. 104. **Tappeti erbosi in strisce e zolle**

Le zolle erbose dovranno essere fornite in forme regolari (rettangolari, quadrate o a strisce).
Le strisce dovranno essere fornite arrotolate, mentre le zolle dovranno essere fornite su pallet.
Le zolle, inoltre, dovranno avere uno spessore da 3 a 6 cm, secondo la specifica destinazione e le caratteristiche del supporto.
La direzione dei lavori, prima della posa in opera, dovrà verificare la corretta preparazione del terreno (rullatura, battitura, sabbiatura, trattamenti fertilizzanti e quant'altro necessario).
Il prato, una volta ultimato, potrà essere utilizzato non prima di 30 giorni.

## Art. 105. **Scarpate in rilevato o in scavo**

Le scarpate in rilevato o in scavo e in genere tutte le aree destinate a verde dovranno essere rivestite con manto vegetale, appena ultimata la loro sistemazione superficiale, adottando specie caratterizzate da un potente apparato radicale e idoneo a formare una stabile copertura vegetale.
Eventuali erosioni, solcature, buche o altre imperfezioni dovranno essere riprese con idoneo terreno agrario, riprofilando le superfici secondo le pendenze di progetto. Dovrà essere curata in modo particolare la conservazione ed eventualmente la sistemazione delle banchine dei rilevati.
Tutte le superfici dovranno presentarsi perfettamente regolari, eliminando anche eventuali tracce di pedonamento.

## Art. 106. **Semine**

Le superfici da rivestire mediante semina, secondo le previsioni di progetto, dovranno essere preparate come descritto al precedente paragrafo.
La concimazione dovrà essere effettuata in due fasi. All'atto della semina dovranno essere somministrati i concimi fosfatici e potassici. I concimi azotati, invece, dovranno essere somministrati a germinazione avvenuta.
Si procederà, quindi, alla semina di un miscuglio di erbe da prato perenni con l'impiego di 200 kg di seme per ettaro di superficie.
Nella tabella 117.1 è riportata la composizione di cinque miscugli da impiegare a seconda delle caratteristiche dei terreni e delle particolari condizioni climatiche e/o ambientali.

**Tabella 117.1. Composizione di miscugli**

| **Specie** | **Tipo di miscuglio** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** |
| | **kg di seme per ettaro** | | | | |
| Lolium Italicum | - | 38 | 23 | 50 | - |
| Lolium Perenne | - | 38 | 23 | 50 | - |
| Arrhenatherum Elatius | 50 | - | - | - | 33 |
| Dactylis Glomerata | 5 | 42 | 23 | 20 | - |
| Trisetum Plavescens | 12 | 8 | 5 | - | - |
| Festuca Pratensis | - | - | 47 | 33 | - |
| Festuca Rubra | 17 | 12 | 15 | 10 | - |
| Festuca Ovina | - | - | - | - | 10 |
| Festuca Hetereophilla | - | - | - | - | 15 |
| Phleum Pratense | - | 12 | 12 | 20 | - |
| Alopecurus Fratensis | - | 20 | 18 | 26 | - |
| Cynosurus Cristatus | - | - | - | - | 5 |
| Poa Pratensis | 5 | 38 | 30 | 7 | 3 |
| Agrostis Alba | - | 10 | 7 | 7 | - |
| Antoxanthum odoratum | - | - | - | - | 2 |
| Bromus Erectus | - | - | - | - | 25 |
| Bromus Inermis | 66 | - | - | - | 20 |
| Trifolium Pratense | 13 | 8 | 10 | 7 | - |
| Trifolium Repens | - | 12 | 7 | - | - |
| Trifolium Hibridum | - | - | - | 10 | - |
| Medicago Lupolina | 5 | - | - | - | 10 |
| Onobrychis Sativa | - | - | - | - | 67 |
| Antillis Vulneraria | 17 | - | - | - | 5 |
| Lotus Cornicolatus | 10 | - | 3 | 10 | 5 |
| Totale kg | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |

La tabella 117.2 riporta lo schema della compatibilità dei miscugli con i vari tipi di terreno.

**Tabella 117.2. Compatibilità di miscugli**

| **Tipo di miscuglio** | **Caratteristiche dei terreni** |
|---|---|

| | |
|---|---|
| A | Terreni di natura calcarea, piuttosto sciolti, anche con scheletro grossolano |
| B | Terreni di medio impasto, tendenti al leggero, fertili |
| C | Terreni di medio impasto, argillo-silicei, fertili |
| D | Terreni pesanti, argillosi, piuttosto freschi |
| E | Terreni di medio impasto, in clima caldo e secco |

L'impresa dovrà comunicare alla direzione dei lavori la data della semina, affinché possano essere eseguiti i prelievi dei campioni di seme da sottoporre a prova e per il controllo delle lavorazioni.
L'impresa è libera di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare e uniforme. La semina dovrà essere effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volumi e peso quasi uguali, mescolati fra loro, e ciascun miscuglio dovrà risultare il più possibile omogeneo.
Lo spandimento del seme dovrà effettuarsi sempre in giornate senza vento.
La ricopertura del seme dovrà essere eseguita mediante rastrelli a mano con erpice a sacco.
Dopo la semina il terreno dovrà essere rullato e l'operazione dovrà essere ripetuta a germinazione avvenuta.

### Art. 107. **Spostamento di piante**

Le piante da spostare, se non sono indicate nei documenti dell'appalto, dovranno preventivamente essere marcate sul posto.
Se non possono essere subito ripiantate, esse dovranno essere collocate in depositi provvisoriamente allestiti per assicurare la loro protezione contro le avversità atmosferiche e, in genere, contro tutti i possibili agenti di deterioramento.

**Tabella 119.1. Elenco delle piante da spostare**

| Esemplare | Genere | Specie | Varietà o cultivar | Forza | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Qualora non sia prevista a carico dell'impresa la garanzia di attecchimento, per le piante spostate andranno adottate le seguenti prescrizioni:
- modalità di estrazione (preparazione dell'apparato radicale, confezione in zolle, ecc.);
- condizioni di trasporto (eventuale obbligo di uso di particolari mezzi meccanici, ecc.);
- località e modalità di accantonamento;
- modalità per la messa a dimora (concimazioni, tutori, piantagioni, ecc.);
- modalità di manutenzione (frequenza e dose delle irrigazioni, utilizzazione di antitraspiranti, ecc.).

L'impresa ha l'onere della manutenzione delle piante messe a deposito.
Quando lo spostamento delle piante presenta il rischio di una cattiva ripresa dopo il trasferimento, l'impresa dovrà interrompere le operazioni di spostamento e informarne il direttore dei lavori, affinché si possano prendere i necessari accorgimenti.
Trascorse 48 ore dal recepimento dell'avviso di interruzione al direttore dei lavori, gli spostamenti potranno essere ripresi.

### Art. 108. **Protezione delle piante esistenti da conservare**

Nelle aree non interessate dai lavori di pulizia del terreno, le piante da conservare dovranno essere protette con i dispositivi predisposti a cura dell'impresa prima dell'inizio di altri lavori. Questi dispositivi consisteranno in recinzioni e in corsetti di protezione. Salvo diverse e motivate prescrizioni approvate dalla direzione dei lavori, le recinzioni dovranno seguire la proiezione al suolo dei rami esterni ed essere alte almeno 1,30 m. I corsetti dovranno essere pieni, distaccati dal tronco e alti almeno 2,00 m.
Le piante da conservare dovranno essere indicate in specifica planimetria o dovranno essere marcate preventivamente sul posto.

Le protezioni dovranno essere mantenute in buono stato durante tutta la durata dei lavori, come indicato nella tabella 120.1.

**Tabella 120.1. Modalità di protezione delle piante**

| Esemplare n. | Modalità particolari di protezione |
|---|---|
| | |
| | |
| | |

### Art. 109. **Protezione delle piante messa a dimora**

L'impresa appaltatrice, previa autorizzazione della direzione dei lavori, dovrà approntare le necessarie opere di protezione delle piante messe a dimora per prevenire eventuali danneggiamenti (transito di persone, animali, precipitazioni atmosferiche, ecc.).

### Art. 110. **Salvaguardia della vegetazione esistente**

L'impresa appaltatrice è tenuta alla salvaguardia (protezione apparato radicale, fusto, chioma, ecc.) della vegetazione esistente - non interessata da lavori in appalto - da eventuali danneggiamenti (urti da parte dei mezzi meccanici e/o attrezzi pesanti, ecc.), anche se le piante non sono state indicate nei disegni progettuali o opportunamente contrassegnate prima dell'esecuzione dei lavori.
La direzione dei lavori potrà fornire all'appaltatore ulteriori comunicazioni in merito alle piante da salvaguardare.
Nel caso di danneggiamento di piante, l'appaltatore è tenuto a darne immediata comunicazione alla direzione dei lavori, perché siano adottati i provvedimenti adeguati.

### Art. 111. **Manutenzioni colturali fino all'esecuzione del collaudo**

Sino a quando non sia intervenuto con esito favorevole il collaudo tecnico-amministrativo (o l'emissione del certificato di regolare esecuzione) dei lavori, l'impresa dovrà effettuare a sua cura e spese:
- la manutenzione degli impianti a verde, curando, in particolare, lo sfalcio di tutte le superfici del corpo autostradale e sue pertinenze, seminate o rivestite da vegetazione spontanea, ogni qualvolta l'erba abbia raggiunto l'altezza media di 35 cm;
- l'annaffiamento di tutte le piante, rivestimenti di scarpate, ecc.;
- il ripristino delle conche d'irrigazione, qualora necessario;
- la potatura;
- la concimazione;
- le falciature, i diserbi e le sarchiature;
- la sistemazione delle parti danneggiate per erosione dovuta a non corretta esecuzione.

La direzione dei lavori potrà prescrivere all'impresa di effettuare lo sfalcio in dette aree anche a tratti discontinui, senza che ciò possa costituire motivo di richiesta di indennizzi particolari da parte dell'impresa stessa.
L'erba sfalciata dovrà prontamente essere raccolta da parte dell'impresa e trasportata fuori dalle pertinenze autostradali entro 24 ore dallo sfalcio.
La raccolta e l'allontanamento dell'erba dovranno essere eseguiti con la massima cura, evitando la sua dispersione sul piano viabile, anche se questo non risulta ancora pavimentato; pertanto, ogni automezzo dovrà avere il carico ben sistemato e munito di reti di protezione.

# Capitolo 11. ESECUZIONE DI PROVE E VERIFICHE SULLE OPERE E SUI

# MATERIALI

## Art. 112. Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio

### *112.1. Resistenza caratteristica*

Agli effetti delle nuove norme tecniche emanate con **D.M. 14 gennaio 2008**, un calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione. Si definisce *resistenza caratteristica* la resistenza a compressione al di sotto della quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

### *112.2. Controlli di qualità del conglomerato*

Il controllo di qualità, così come descritto più avanti, consente di verificare nelle diverse fasi esecutive la produzione del conglomerato cementizio, garantendone, così, la conformità alle prescrizioni di progetto.
Il controllo deve articolarsi nelle seguenti fasi:
- valutazione preliminare di qualificazione;
- controllo di accettazione;
- prove complementari.

VALUTAZIONE PRELIMINARE DI QUALIFICAZIONE

Consiste nella verifica della qualità dei componenti il conglomerato cementizio (ovvero aggregati, cementi, acque e additivi) e si esplica attraverso il confezionamento di miscele sperimentali che permettono di accertare la possibilità di produrre conglomerati conformi alle prescrizioni di progetto (classe di resistenza e classe di consistenza conformi alla norma **UNI EN 206-1**).
Tutti i materiali forniti, se finalizzati all'esecuzione di elementi strutturali, devono essere forniti di un'attestazione di conformità di livello 2+. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili.

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Si riferisce all'attività di controllo esercitata dalla direzione dei lavori durante l'esecuzione delle opere e si esplica attraverso la determinazione di parametri convenzionali, quali la misura della resistenza a compressione di provini cubici, la misura della lavorabilità mediante l'abbassamento al cono di Abrams del calcestruzzo fresco, ecc. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili.

PROVE COMPLEMENTARI

Comprendono tutta l'attività sperimentale che la direzione dei lavori può avviare in presenza di procedure particolari di produzione e/o ove necessario, a integrazione delle precedenti prove.

### *112.3. Valutazione preliminare della resistenza caratteristica*

L'appaltatore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve garantire, attraverso idonee prove preliminari, la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che verrà utilizzata per la costruzione dell'opera. Tale garanzia si estende anche al calcestruzzo fornito da terzi.
L'appaltatore resta, comunque, responsabile della garanzia sulla qualità del conglomerato, che sarà controllata dal direttore dei lavori, secondo le procedure di cui al punto seguente.

### *112.4. Controllo di accettazione*

Il direttore dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera, per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.
Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si articola, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, nelle seguenti due tipologie:
- controllo tipo A;
- controllo tipo B.

Il controllo di accettazione è positivo e il quantitativo di calcestruzzo accettato, se risultano verificate le due disuguaglianze riportate nella tabella 124.1.

**Tabella 124.1. Controlli di accettazione**

| **Controllo di tipo A** | **Controllo di tipo B** |
|---|---|
| $R_1 \geq R_{ck} - 3{,}5$ | |
| $R_m \geq R_{ck} + 3{,}5$ (numero prelievi 3) | $R_m \geq R_{ck} + 1{,}4\ s$ (numero prelievi ≥ 15) |
| dove $R_m$ = resistenza media dei prelievi (N/mm$^2$) $Ri$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm$^2$) $s$ = scarto quadratico medio. | |

Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

### *112.5. Prelievo ed esecuzione della prova a compressione*

#### *112.5.1. .1 Prelievo di campioni*

Il prelievo di campioni di calcestruzzo deve essere eseguito dalla direzione dei lavori, che deve provvedere a identificare i provini mediante sigle ed etichette e a custodirli in un locale idoneo prima della formatura e durante la stagionatura.
Un prelievo consiste nel prelevare da una carica di calcestruzzo, per ogni giorno di getto e per un massimo di 100 m$^3$ forniti, al momento della posa in opera nei casseri, la quantità di conglomerato necessaria per la confezione di un gruppo di due provini.
La campionatura minima per ciascun controllo di accettazione è di tre prelievi di due cubetti ciascuno.
La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la cosiddetta *resistenza di prelievo*, che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.
È obbligo del direttore dei lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso.
L'appaltatore è tenuto, con proprio personale e a proprie spese, a prelevare il calcestruzzo nei punti indicati dalla DL e a trasportarlo nel più breve tempo possibile nei luoghi di canteire stabiliti dalla D.L. ove confezionare i provini.

#### *112.5.2. Dimensioni dei provini*

La forma e le dimensioni dei provini di calcestruzzo per le prove di resistenza meccanica sono previste dalla norma **UNI EN 12390-3**. In generale, il lato dei cubetti deve essere proporzionato alla dimensione massima dell'inerte.
La norma **UNI EN 12390-1** indica, come dimensione del lato del provino, quella pari ad almeno tre volte la dimensione nominale dell'aggregato con cui è stato confezionato il calcestruzzo.
In generale, ora devono confezionarsi provini con le seguenti dimensioni nominali:
- cubetti di calcestruzzo:
- lato $b$ (cm) = 10-15-20-25 e 30;
- tolleranza lunghezza lato: ± 0,5%.
- provini cilindrici:
- diametro $d$ (cm) = 10-11,30-15-20-25-30;
- altezza pari a due volte il diametro;
- tolleranza altezza cilindro: ± 5%;
- tolleranza perpendicolarità generatrice rispetto alla base del cilindro del provino: ± 0,5 mm.
- provini prismatici:
- lato di base $b$ (cm) = 10-15-20-25 e 30;
- lunghezza maggiore o uguale a 3,5 $b$;
- tolleranza lato di base: ± 0,5%;
- tolleranza perpendicolarità spigoli del provino: ± 5 mm.

La tolleranza sulla planarità dei provini è di ± 0,000 · 6 $d$ ($b$).

### *112.5.3. Confezionamento dei provini*

Il calcestruzzo entro le forme o cubiere deve essere opportunamente assestato e compattato per strati, secondo le prescrizioni della norma **UNI 12390-2**, utilizzando uno dei seguenti metodi:
- barra d'acciaio a sezione quadra (25 mm × 25 mm) e lunghezza di almeno 38 cm;
- barra di acciaio a sezione circolare con diametro 16 mm e lunghezza di almeno 60 cm;
- tavola vibrante, con diametro in funzione della dimensione più piccola dell'inerte con cui è stato confezionato il calcestruzzo;
- vibratore interno.

Il calcestruzzo, prima di essere collocato nelle casseforme, deve essere opportunamente rimiscelato in apposito recipiente. Il riempimento delle casseformi deve avvenire per strati. La norma **UNI 12390-2** indica almeno due strati con spessore non superiore a 10 cm.
Il calcestruzzo a consistenza umida o a basso tenore d'acqua, invece, dovrà essere vibrato nella cubiera mediante tavola vibrante o vibratore a immersione di dimensioni e caratteristiche rapportate alle dimensioni del provino.
Dopo la costipazione, la superficie di calcestruzzo nella parte superiore della casseforma deve essere rasata con righello metallico e lisciata con idonea cazzuola o con fratazzo. La superficie esterna del provino deve essere opportunamente protetta, dall'evaporazione fino alla sformatura.
La sformatura, che consiste nella rimozione delle casseforme, potrà essere eseguita dopo 24 ore dalla preparazione e in maniera da non danneggiare il provino.

### *112.5.4. Caratteristiche delle casseformi calibrate per provini*

Le casseformi calibrate per il confezionamento dei provini di calcestruzzo cubici, cilindrici e prismatici, secondo la norma **UNI EN 12390-1**, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.
Preferibilmente devono impiegarsi casseforme in acciaio o in ghisa e le giunture devono essere trattate con specifici prodotti (oli, grasso, ecc.) per assicurare la perfetta tenuta stagna.
Sulle dimensioni (lati e diametro) è ammessa una tolleranza dello ± 0,25%. Le tolleranze sulla planarità delle facce laterali e della superficie della piastra di base variano a seconda che si tratti di casseforme nuove o usate.
Per le casseforme per provini cubici o prismatici è ammessa una tolleranza sulla perpendicolarità tra gli spigoli di ± 0,5 mm. Le modalità di misurazione delle tolleranze geometriche (planarità, perpendicolarità e rettilineità) e dei provini di calcestruzzo e delle casseforme sono illustrate nell'appendice A e B della norma **UNI EN 12390-1**.
Le caratteristiche costruttive delle casseformi devono essere idonee a prevenire eventuali deformazioni durante il confezionamento dei provini. Le casseformi in commercio sono realizzate in:
- materiale composito (di tipo compatto o scomponibile nel fondo e nelle quattro pareti laterali);
- polistirolo espanso (la sformatura del provino da tali casseforme ne comporta la distruzione);
- acciaio (scomponibili e dotate di separatori a incastro nel caso di casseforme a più posti).

L'impiego di tali prodotti verrà autorizzato dal direttore dei lavori solo in presenza del certificato di qualità attestante che i requisiti prestazionali corrispondano a quelli previsti dalla norma **UNI EN 12390-1**.

### *112.5.5. Marcatura dei provini*

Il direttore dei lavori deve contrassegnare i provini di calcestruzzo mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. Tali dati devono essere annotati nel verbale di prelievo ai fini dell'individuazione dei campioni e per avere la conferma che essi siano effettivamente quelli prelevati in cantiere in contraddittorio con l'appaltatore.
Dopo la marcatura, i provini devono essere inviati per l'esecuzione delle prove ai laboratori ufficiali. Il certificato di prova dovrà contenere tutti i dati dichiarati dal direttore dei lavori, compreso il riferimento al verbale di prelievo.

### *112.5.6. Verbale di prelievo di campioni di calcestruzzo in cantiere*

Il verbale di prelievo dei cubetti di calcestruzzo, che deve essere eseguito in cantiere dal direttore dei lavori in contraddittorio con l'impresa per l'esecuzione di prove presso laboratori ufficiali, deve contenere le seguenti indicazioni:
- località e denominazione del cantiere;
- requisiti di progetto del calcestruzzo;
- modalità di posa in opera;

- identificazione della betoniera;
- data e ora del prelevamento;
- posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;
- marcatura dei provini;
- modalità di compattazione nelle casseforme (barra d'acciaio a sezione quadra o a sezione circolare e relativo numero dei colpi necessari per l'assestamento, tavola vibrante, vibratore interno);
- modalità di conservazione dei provini prima della scasseratura;
- modalità di conservazione dei provini dopo la scasseratura;
- dichiarazione, del direttore dei lavori o dell'assistente, delle modalità di preparazione dei provini, in conformità alle prescrizioni della norma **UNI 12390-2**;
- eventuali osservazioni sulla preparazione e sulla conservazione dei provini di calcestruzzo.

Il verbale di prelievo deve essere firmato dal direttore dei lavori e da un rappresentante qualificato dell'impresa esecutrice.

### *112.5.7. Domanda di prova al laboratorio ufficiale*

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal direttore dei lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

### *112.5.8. Conservazione e maturazione*

La conservazione e la maturazione dei provini di calcestruzzo devono avvenire presso il laboratorio ufficiale prescelto, a cui devono essere inviati i provini non prima di 24 ore dopo il confezionamento in cantiere.

Le diverse condizioni di stagionatura rispetto a quelle prescritte dalla norma **UNI EN 12390-2** devono essere opportunamente annotate sul verbale.

I provini di calcestruzzo devono essere prelevati dall'ambiente di stagionatura almeno 2 ore prima dell'inizio della prova. I provini durante il trasporto devono essere opportunamente protetti da danni o essiccamenti. In alcuni particolari casi come nelle prove a 3 e 7 giorni o minori, è necessario l'imballaggio dei provini in segatura o sabbia umida.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la *resistenza di prelievo*, che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

Il collaudatore in corso d’opera può decidere una diversa modalità di conservazione dei cubetti di calcestruzzo.

### *112.5.9. Resoconto della prova di compressione*

I certificati emessi dai laboratori ufficiali prove, come previsto dalle norme tecniche, devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- un'identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente i lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova e il riferimento al verbale di prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

Art. 113. **Controlli sul calcestruzzo fresco**

*113.1. Prove per la misura della consistenza*

La consistenza, intesa come lavorabilità, non è suscettibile di definizione quantitativa, ma soltanto di valutazione relativa del comportamento dell'impasto di calcestruzzo fresco secondo specifiche modalità di prova.
I metodi sottoelencati non risultano pienamente convergenti, tanto che le proprietà del calcestruzzo risultano diverse al variare del metodo impiegato. In sostanza, il tipo di metodo andrà riferito al tipo di opera strutturale e alle condizioni di getto. Il metodo maggiormente impiegato nella pratica è quello della misura dell'abbassamento al cono.
Le prove che possono essere eseguite sul calcestruzzo fresco per la misura della consistenza sono:
- prova di abbassamento al cono (slump test);
- misura dell'indice di compattabilità;
- prova Vebè;
- misura dello spandimento.

La norma **UNI EN 206-1** raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori misurati cadono al di fuori dei seguenti limiti:
- abbassamento al cono: ≥ 10 mm e ≤ 210 mm;
- tempo Vebè: ≤ 30 secondi e > 5 secondi;
- indice di conpattabilità: ≥ 1,04 e < 1,46;
- spandimento: > 340 mm e ≤ 620 mm.

**Tabella 125.1. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante la misura dell'abbassamento al cono (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)**

| Classe di consistenza | Abbassamento (mm) | Denominazione corrente |
|---|---|---|
| S1 | Da 10 a 40 | Umida |
| S2 | Da 50 a 90 | Plastica |
| S3 | Da 100 a 150 | Semifluida |
| S4 | Da 160 a 210 | Fluida |
| S5 | > 210 | - |

**Tabella 125.2. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante il metodo Vebè (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)**

| Classe di consistenza | Tempo Vebè (s) |
|---|---|
| V0 | ≥ 31 |
| V1 | Da 30 a 21 |
| V2 | Da 20 a 11 |
| V3 | Da 10 a 6 |
| V4 | Da 5 a 3 |

**Tabella 125.3. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante la misura dello spandimento (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)**

| Classe di consistenza | Spandimento (mm) |
|---|---|
| FB1 | ≤ 340 |
| FB2 | Da 350 a 410 |
| FB3 | Da 420 a 480 |
| FB4 | Da 490 a 550 |
| FB5 | Da 560 a 620 |
| FB6 | ≥ 630 |

**Tabella 125.4. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante dell'indice di compattabilità (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)**

| Classe di consistenza | Indice di compattabilità |
|---|---|
| C0 | ≥ 1,46 |
| C1 | Da 1,45 a 1,26 |
| C2 | Da 1,25 a 1,11 |
| C3 | Da 1,10 a 1,04 |
| | |

*113.2. Controllo della composizione del calcestruzzo fresco*

La prova prevista dalla norma **UNI 6393** (ritirata senza sostituzione) è impiegata per la determinazione del dosaggio dell'acqua e del legante e per l'analisi granulometrica del residuo secco, al fine di controllare la composizione del calcestruzzo fresco rispetto alla composizione e alle caratteristiche contrattuali per le specifiche opere.

La prova potrà essere chiesta dal direttore dei lavori in caso di resistenza a compressione non soddisfacente o per verificare la composizione del calcestruzzo rispetto alle prescrizioni contrattuali.

Il metodo non è applicabile per i calcestruzzi nei quali la dimensione massima dell'aggregato superi 31,5 mm e per il calcestruzzo indurito prelevato da getti in opera.

Per l'esecuzione della prova dovranno essere prelevati tre campioni di quantità variabile da 3 a 10 kg di calcestruzzo fresco, in funzione della dimensione dell'inerte. Il prelevamento dei campioni da autobetoniera deve essere eseguito entro 30 minuti dall'introduzione dell'acqua. Il campionamento deve essere eseguito secondo le modalità prescritte dalla norma **UNI EN 12350-1**.

Al metodo di controllo della composizione del calcestruzzo fresco è attribuita una precisione di circa il 3%.

*113.3. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (Bleeding)*

La determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (**UNI 7122**) ha lo scopo di determinare nel tempo la percentuale d'acqua d'impasto presente nel campione (oppure come volume d'acqua essudata per unità di superficie: $cm^3/cm^2$) che affiora progressivamente sulla superficie del getto di calcestruzzo subito dopo la sua compattazione.

La prova non è attendibile per calcestruzzo confezionato con aggregato con dimensione massima maggiore di 40 mm.

L'esecuzione di opere di finitura e lisciatura delle superfici di calcestruzzo devono essere eseguite dopo i risultati della determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.

## Art. 114. **Controlli sul calcestruzzo in corso d'opera**

*114.1. Le finalità*

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni (**D.M. 14 gennaio 2008**) prevedono esplicitamente (paragrafo 11.2.5) l'effettuazione di un controllo di accettazione del calcestruzzo in relazione alla resistenza caratteristica a compressione prescritta. Qualora i valori di resistenza a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto o qualora sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo, è facoltà del direttore dei lavori richiedere l'effettuazione di prove direttamente sulle strutture. In questi casi, si dovrà tenere nel debito conto gli effetti che sui prelievi in opera hanno avuto la posa in opera e la stagionatura del calcestruzzo. Per tale ragione, la verifica o il prelievo del calcestruzzo indurito non possono essere sostitutivi dei controlli d'accettazione da eseguirsi su provini prelevati e stagionati in conformità alle relative norme UNI.

La conformità della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera. Analogamente, la non conformità della resistenza valutata in una posizione non implica la non conformità di tutto il calcestruzzo messo in opera.

La stima della resistenza *in situ* dalla struttura può essere richiesta anche ai fini della valutazione della sicurezza di edifici esistenti, per esempio quando ricorra uno dei seguenti casi:

- riduzione evidente della capacità resistente di elementi strutturali;
- azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura) che abbiano compromesso la capacità resistente della struttura;
- degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali (in relazione alla durabilità dei materiali stessi);
- verificarsi di azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) significative e di situazioni di funzionamento e uso anomalo;

- distorsioni significative imposte da deformazioni del terreno di fondazione;
- provati errori di progetto o esecuzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili;
- interventi non dichiaratamente strutturali (impiantistici, di ridistribuzione degli spazi, ecc.) qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale.

Le modalità d'indagine, ovviamente, sanno diversificate a seconda che sia necessario:
- stimare la stabilità di un'intera struttura;
- determinare la qualità di singoli elementi.

In ogni caso, il numero di campioni prelevati dipende:
- dal grado di fiducia che si intende affidare alla stima della resistenza;
- dalla variabilità dei dati o risultati che si presume di ottenere.

### *114.2. Pianificazione delle prove in opera*

Le regioni di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove sul calcestruzzo in opera, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine secondo i criteri previsti dalla **UNI EN 13791**.

Le aree e i punti di prova devono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi. La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati. La definizione e la divisione in regioni di prova di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente a una medesima popolazione di calcestruzzo.

Nella scelta delle aree di prova si deve tener conto che, in ogni elemento strutturale eseguito con getto continuo, la resistenza del calcestruzzo in opera diminuisce progressivamente dal basso verso l'alto. Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate dell'edificio. Nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, invece, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto. In quest'ultimo caso, per poter effettuare un confronto, è opportuno saggiare anche una zona non danneggiata.

### *114.3. Predisposizione delle aree di prova*

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme UNI e alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive di evidenti difetti che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse (vespai, vuoti, occlusioni, ecc.), di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ecc.), nonché di polvere e impurità in genere.

L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova possono essere localizzati in modo puntuale, per valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

In quest'ultimo caso, il campionamento dovrebbe essere organizzato in modo da stimare tutta la popolazione del calcestruzzo costituente il lotto.

Dal numero di carote estratte o di misure non distruttive effettuate dipende la significatività della stima della resistenza.

La tabella 126.1 riporta, in maniera sintetica e a scopo esemplificativo, i vantaggi e gli svantaggi dei metodi d'indagine più comuni.

**Tabella 126.1. Vantaggi e svantaggi dei metodi di indagine più comuni**

| Metodo di prova | Costo | Velocità di esecuzione | Danno apportato alla struttura | Rappresentatività dei dati ottenuti | Qualità della correlazione fra la grandezza misurata e la resistenza |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Carotaggio | Elevato | Lenta | Moderato | Moderata | Ottima |
| Indice di rimbalzo | Molto basso | Veloce | Nessuno | Interessa solo la superficie[1] | Debole |
| Velocità di propagazione di ultrasuoni | Basso | Veloce | Nessuno | Buona (riguarda tutto lo spessore) | Moderata[2] |
| Estrazione di inserti | Moderato | Veloce | Limitato | Interessa solo la superficie | Buona |
| Resistenza alla penetrazione | Moderato | Veloce | Limitato | Interessa solo la superficie | Moderata |
| [1] La singola determinazione è influenzata anche dallo stato della superficie dell'area di prova (umidità, carbonatazione, ecc.). [2] La misura si correla bene con il modulo elastico del materiale. La bontà della correlazione tra modulo elastico e resistenza meccanica può dipendere dalle caratteristiche del conglomerato. | | | | | |

I metodi più semplici e che arrecano il minor danno alle superfici delle strutture, quali l'indice di rimbalzo e la velocità di propagazione, richiedono, per la predizione della resistenza, calibrazioni complesse. L'indagine mediante carotaggio, invece, non richiede (quasi) correlazione per l'interpretazione dei dati ma, per contro, provoca un danno elevato e risulta lenta e costosa. Il carotaggio è, comunque, il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi. Nella scelta della metodologia si deve tener conto delle specifiche capacità e caratteristiche.
L'indice di rimbalzo permette di valutare le caratteristiche anche dopo breve periodo di maturazione, ma il risultato riguarda solo la superficie esterna.
La velocità di propagazione, generalmente, operando per trasparenza, richiede l'accessibilità di due superfici opposte e fornisce indicazioni sulla qualità del conglomerato all'interno della struttura.
La misura della resistenza alla penetrazione e della forza di estrazione caratterizzano la superficie esterna (più in profondità dell'indice di rimbalzo). La prima è più idonea a saggiare elementi di grosse dimensioni, la seconda è più adatta anche per elementi di ridotte dimensioni. La numerosità dei punti di prova è un compromesso tra accuratezza desiderata, tempo d'esecuzione, costo e danno apportato alla struttura.
A titolo esemplificativo, la tabella 126.2 riporta alcune indicazioni circa i valori tipici di riferimento per la variabilità e i limiti di confidenza nella stima della resistenza ottenibili con diversi metodi di prova. La stessa tabella riporta un'indicazione di massima riguardante il numero minimo di prove da effettuare in una specifica area di prova.

**Tabella 126.2. Valori tipici di riferimento per la variabilità e i limiti di confidenza nella stima della resistenza ottenibili con diversi metodi di prova**

| Metodo di prova | Coefficiente di variazione dei valori ottenuti su un elemento strutturale di buona qualità (%) | Limiti di confidenza (±%) al 95% nella stima della resistenza | Numero di prove o di campioni relativo ad un'area di prova |
|---|---|---|---|
| Carotaggio | 10 | 10 | 3 |
| Indice di rimbalzo | 4 | 25 | 12 |
| Velocità di propagazione | 2,5 | 20 | 1 |
| Resistenza alla penetrazione | 4 | 20 | 3 |
| Forza d'estrazione | 15 | 15 | 9 |

### *114.4. Elaborazione dei risultati*

Un'indagine mirata alla stima della resistenza in opera comporta genericamente l'esame di risultati provenienti da prove di resistenza meccanica su carote e/o di dati ottenuti da metodi non distruttivi. Se la numerosità (complessiva) dei risultati relativi a un'area di prova è pari a tre, numero minimo accettabile, si può stimare solamente la resistenza media.
Si ribadisce che per stimare la resistenza caratteristica del calcestruzzo in opera bisogna fare riferimento al procedimento previsto dalla norma **UNI EN 13791**, paragrafi 7.3.2 e 7.3.3, nel caso di utilizzo di metodo diretto (carotaggio), o paragrafo 8.2.4, nel caso di utilizzo di metodo indiretto.

### *114.5. Carotaggio*

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo *in situ* può essere formulata sulla scorta dei risultati ottenuti in laboratorio da prove di compressione eseguite su campioni cilindrici (carote) prelevati dalle strutture

in numero non inferiore a tre. L'ubicazione dei prelievi o carotaggi deve essere effettuata in maniera da non arrecare danno alla stabilità della struttura. I fori devono essere ripristinati con malte espansive e a ritiro compensato.
Il carotaggio può risultare improprio per verificare le caratteristiche di calcestruzzi di bassa resistenza ($R_c \leq 20$ N/mm$^2$) o alle brevi scadenze, poiché sia il carotaggio sia la lavorazione delle superfici possono sgretolare e compromettere l'integrità del conglomerato di resistenza ridotta.
Ai fini della determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo in situ è necessario applicare i necessari fattori di correzione poiché i risultati forniti dalla prova a compressione delle carote non corrispondono esattamente a quelli che si otterrebbero con le prove a compressione condotte su cubi confezionati durante il getto, a causa della diversità dell'ambiente di maturazione, della direzione del getto rispetto a quella di carotaggio, dei danni prodotti dall'estrazione, ecc. I fattori di influenza sono quelli descritti dall'allegato A alla norma **UNI EN 13791.**

### *114.5.1. Linee generali*

Si devono prendere in considerazione le seguenti avvertenze:
- il diametro delle carote deve essere almeno superiore a tre volte il diametro massimo degli aggregati (i diametri consigliati sono compresi tra 75 e 150 mm);
- le carote destinate alla valutazione della resistenza non dovrebbero contenere ferri d'armatura (si devono scartare i provini contenenti barre d'armatura inclinate o parallele all'asse);
- per ottenere la stima attendibile della resistenza di un'area di prova devono essere prelevate e provate almeno tre carote;
- il rapporto lunghezza/diametro delle carote deve essere uguale a 1 e diametro = 100 mm. Si deve evitare che i provini abbiano snellezza inferiore a uno o superiore a due;
- i campioni estratti (e i provini) devono essere protetti nelle fasi di lavorazione e di deposito rispetto all'essiccazione all'aria. Salvo diversa prescrizione, le prove di compressione devono essere eseguite su provini umidi;
- nel programmare l'estrazione dei campioni si deve tener conto che la resistenza del calcestruzzo dipende dalla posizione o giacitura del getto;
- è necessario verificare accuratamente, prima di sottoporre i campioni alla prova di compressione, la planarità e l'ortogonalità delle superfici d'appoggio. La lavorazione o la preparazione inadeguata dei provini porta, infatti, a risultati erronei. Il semplice taglio e la molatura delle superfici di prova possono non soddisfare i requisiti di parallelismo e planarità richiesti dalle norme.

### *114.5.2. Area di prova o di prelievo*

Le carote devono essere prelevate nell'individuata regione di prova e in particolare in corrispondenza degli elementi strutturali nei quali è stato posto in opera il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione o laddove il direttore dei lavori ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.
Nell'individuazione delle aree di carotaggio dovranno essere rispettati i seguenti accorgimenti e quelli indicati dalla **UNI EN 12504-1**:
- devono essere lontane dagli spigoli e dai giunti in cui è presente poca o nessuna armatura;
- devono riguardare zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- devono essere lontane dalle parti sommitali dei getti;
- devono essere evitati i nodi strutturali.

L'estrazione dei provini di calcestruzzo indurito deve avvenire almeno dopo 28 giorni di stagionatura.
In occasione dell'estrazione dovranno essere scartati tutti quei provini danneggiati o che contengano corpi estranei e parti di armature che potrebbero pregiudicare il risultato finale.

### *114.5.3. Norme di riferimento*

Le procedure per l'estrazione, la lavorazione dei campioni estratti per ottenere i provini e le relative modalità di prova a compressione sono quelle descritte nelle norme:

**UNI EN 12504-1** - *Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture. Carote. Prelievo, esame e prova di compressione*;
**UNI EN 12390-1** - *Prova sul calcestruzzo indurito. Forma, dimensioni e altri requisiti per provini e per casseforme*;
**UNI EN 12390-2** - *Prova sul calcestruzzo indurito. Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza*;
**UNI EN 12390-3** - *Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione dei provini*;
**UNI EN 13791** - *Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo.*

### *114.5.4. Verbale di prelevamento dei campioni di calcestruzzo indurito*

Il verbale di prelievo dei campioni di calcestruzzo indurito, redatto secondo la **UNI EN 12504-1**, deve contenere almeno le seguenti indicazioni:
- località e denominazione del cantiere;
- posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;
- forma e dimensione dei provini;
- numero e sigla di ciascun campione;
- data del getto;
- data del prelievo delle carote;
- modalità di estrazione e utensile impiegato.

## *114.6. Metodi indiretti per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera*

Come metodi indiretti devono essere presi in considerazione i metodi più consolidati nella pratica dei controlli non distruttivi: indice di rimbalzo, pull-out e misura della velocità di propagazione.
I metodi indiretti (indice di rimbalzo, velocità di propagazione degli impulsi e forza di estrazione) dovranno rispettare le linee guida della stessa **UNI EN 13791** mediante la correlazione tra i risultati dei metodi di prova indiretti e la resistenza a compressione su carote prelevate dalla struttura in esame. Il carotaggio è il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi.
La legge di correlazione deve essere determinata utilizzando un adeguato numero di campioni, ottenuti mediante carotaggio dalla struttura in esame e sottoposti a indagine non distruttiva prima della loro rottura.
Il direttore dei lavori deve condurre una preliminare campagna di analisi con metodi indiretti al fine di programmare le posizioni di prelievo delle carote, anche sulla base del grado di omogeneità del volume di calcestruzzo in esame ed eventualmente di suddividere l'area in esame in lotti entro i quali sia possibile definire statisticamente l'omogeneità del calcestruzzo.
I fattori di influenza dei risultati dei metodi indiretti sono quelli descritti dall'allegato B alla norma **UNI EN 13791.**

### *114.6.1. Calibratura delle curve di correlazione tra risultati di prove non distruttive e la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera*

La stima della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera, mediante metodi non distruttivi, si deve basare sull'impiego di correlazioni tra il parametro non distruttivo proprio del metodo impiegato e la resistenza a compressione del calcestruzzo in esame mediante prove su carote come prescritto dalla norma **UNI EN 13791**. I metodi indiretti, dopo la calibrazione mediante prove su carote, possono essere impiegati:
- singolarmente;
- in combinazione con altri metodi indiretti;
- in combinazione con altri metodi indiretti e diretti (carote).

Le curve di correlazione fornite a corredo delle apparecchiature di prova non risultano, nella generalità dei casi, del tutto adeguate, poiché il loro sviluppo è basato sull'uso di determinati tipi di calcestruzzo e su prefissate condizioni di prova. L'andamento della legge di correlazione può essere assunto predefinito per ciascun metodo di indagine, a meno di costanti che possono essere determinate utilizzando un campione di carote di adeguata numerosità, sottoposte a indagine non distruttiva prima della loro rottura. È, perciò, essenziale predisporre tavole di calibrazione per il tipo specifico di calcestruzzo da sottoporre a prova, utilizzando i risultati delle prove su

carote portate a rottura dopo l'esecuzione sulle stesse di prove indirette oltre a quelle eseguite in opera nello stesso punto di estrazione della carota stessa.
È opportuno che le carote utilizzate per la calibrazione siano non meno di tre. I valori numerici delle costanti che precisano l'andamento delle leggi di correlazione possono essere ottenuti applicando tecniche di minimizzazione degli errori.

#### *114.6.2. Determinazione di altre proprietà del calcestruzzo in opera: dimensioni e posizione delle armature e stima dello spessore del copriferro*

La misurazione dello spessore del copriferro delle armature e l'individuazione delle barre di armatura può essere effettuata utilizzando dispositivi denominati *misuratori di ricoprimento* o *pacometri*.

### *114.7. Stima della resistenza del calcestruzzo in opera*

La resistenza dei provini estratti per carotaggio generalmente è inferiore a quella dei provini prelevati e preparati nel corso della messa in opera del calcestruzzo e stagionati in condizioni standard.
Le Nuove norme tecniche per le costruzioni hanno quantificato l'entità di tale differenza, riconducibile alle caratteristiche del materiale, alle modalità di posa in opera, di stagionatura e di esposizione, ritenendo accettabile un calcestruzzo il cui valore medio di resistenza a compressione ($R_{opera,m}$), determinato con tecniche opportune (carotaggi e/o controlli non distruttivi), sia almeno superiore all'85% del valore medio della resistenza di progetto $R_{progetto,cm}$:

$$R_{opera,\,m} \geq 0{,}85\ R_{progetto,cm} \qquad \text{N/mm}^2$$

Alla necessità di effettuare correttamente la stima delle condizioni al contorno, caratteristiche di ciascuna opera, e di garantire adeguatamente la normalizzazione delle procedure di prova, indispensabili per la riproducibilità e la ripetibilità dei risultati sperimentali, si aggiunge l'esigenza di definire correttamente il valore, indicato dalle Norme tecniche, da assumere per la resistenza media di progetto $R_{progetto,cm}$.
Il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera deve essere eseguito in conformità alla norma **UNI EN 13791**, che stabilisce il passaggio dalla resistenza caratteristica cubica di progetto $R_{ck}$ alla resistenza caratteristica cilindrica di progetto $f_{ck,}$ con la seguente relazione:

$$f_{ck} = 0{,}85\ R_{ck} \qquad \text{N/mm}^2$$

Al punto 6, tabella 1, della stessa norma, sono riportati per ciascuna classe di resistenza i valori caratteristici minimi accettabili. La $R_{opera,ck}$ deve essere determinata secondo il punto 7 della stessa norma **UNI EN 13791** che prevede un controllo di tipo statistico nel caso che la numerosità dei prelievi sia maggiore di 15 (Approccio A, p. 7.3.2) e un controllo alternativo nel caso di una minore numerosità dei prelievi (Approccio B, p. 7.3.3.); in sintesi si dovrà confrontare:

$$R_{opera,ck} \geq 0{,}85\ R_{progetto,ck} \qquad \text{N/mm}^2$$

Il rapporto di valutazione della resistenza calcestruzzo in opera deve essere conforme al punto 10 della norma **UNI EN 13791**.

#### *114.7.1. La non conformità dei controlli d'accettazione*

Le indagini per la valutazione del calcestruzzo in opera, in caso di non conformità dei controlli d'accettazione dovranno rispettare i criteri previsti dal paragrafo 9 della norma **UNI EN 13791**:

1) In una regione di prova comprendente diversi lotti di calcestruzzo con 15 o più risultati di prove su carote, se:

$f_{opera,m} \geq 0{,}85\ (f_{progetto,ck} + 1{,}48\ s)$

e

$f_{opera,\,min} \geq 0{,}85\ (f_{progetto,ck} - 4)$

dove
$f_{progetto,ck}$ = resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo prevista in progetto
$f_{opera,m}$ = valore medio delle resistenza a compressione delle carote
$f_{opera,min}$ = valore minimo di resistenza a compressione delle carote
$s$ = scarto quadratico medio dei risultati sperimentali. Se il valore di $s$ è minore di 2,00 N/mm$^2$ si assume pari a 2,00 N/mm$^2$.

Il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di resistenza sufficiente e conforme alla EN 206-1.

2) In alternativa, previo accordo tra le parti, qualora fossero disponibili 15 o più risultati di prove indirette e i risultati di almeno 2 carote prelevate da elementi strutturali, per i quali i risultati sui campioni convenzionali avevano fornito valori di resistenza più bassi, se:

$f_{opera,min} \geq 0{,}85\ (f_{progetto,ck} - 4)$

il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di adeguata resistenza.

3) In una piccola regione di prova contenente pochi lotti di calcestruzzo, al limite uno, il direttore dei lavori deve ricorrere all'esperienza per selezionare l'ubicazione dei 2 punti di prelievo delle carote e se:

$f_{opera,min} \geq 0{,}85\ (f_{progetto,ck} - 4)$

il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di adeguata resistenza.

Se la regione di prova è ritenuta contenente calcestruzzo di resistenza adeguata, è conforme anche la popolazione calcestruzzo al quale è riferito il controllo.

## Art. 115. **Prove sugli infissi**

### *115.1. Generalità*

Il direttore dei lavori potrà eseguire prove di accettazione su campioni di infissi prelevati casualmente in cantiere per accertare la rispondenza dei materiali forniti alle prescrizioni contrattuali.
Sui campioni devono essere effettuate almeno le seguenti prove, alcune specifiche per gli infissi esterni:
- permeabilità all'aria (norma **UNI EN 1026)**;
- tenuta all'acqua (norma **UNI EN 1027**);
- resistenza al carico del vento (norma **UNI EN 12211**);
- resistenza all'apertura e alla chiusura ripetuta (norma **UNI EN 1191**);
- calcolo della trasmittanza termica (norma **UNI EN ISO 10077-1**);
- isolamento termico (norma **UNI EN ISO 12567-1**).

I campioni di prova devono essere perfettamente funzionanti e devono essere prelevati in contraddittorio con l'esecutore. La prova deve essere eseguita da un laboratorio ufficiale.
Le prove, a discrezione della direzione dei lavori, possono essere sostituite da certificati di prove effettuate su serramenti identici a quelli oggetto della fornitura.

### *115.2. Norme di riferimento*

a) prove in laboratorio:
**UNI EN 1026 -** *Finestre e porte. Permeabilità all'aria. Metodo di prova*;
**UNI EN 1027 -** *Finestre e porte. Tenuta all'acqua. Metodo di prova*;

**UNI EN 12211 -** *Finestre e porte. Resistenza al carico del vento. Metodo di prova*;
**UNI EN 1191 -** *Finestre e porte. Resistenza all'apertura e la chiusura ripetuta. Metodo di prova.*

b) prove di resistenza al fuoco:
**UNI EN 1634-1** - *Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi. Parte 1: Prove di resistenza al fuoco per porte e sistemi di chiusura e finestre apribili*;
**UNI EN 1634-3** - *Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttive. Parte 3: Prove di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura.*

c) trasmittanza termica:
**UNI EN ISO 10077-1** - *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti. Calcolo della trasmittanza termica. Parte 1: Generalità*;
**UNI EN ISO 10077-2** - *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Calcolo della trasmittanza termica. Metodo numerico per i telai*;
**UNI EN ISO 12567-1** - *Isolamento termico di finestre e porte. Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda. Finestre e porte complete*;
**UNI EN ISO 12567-2** - *Isolamento termico di finestre e di porte. Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda. Parte 2: Finestre da tetto e altre finestre sporgenti.*

d) resistenza all'effrazione:
**UNI ENV 1628** - *Finestre, porte, chiusure oscuranti. Resistenza all'effrazione. Metodo di prova per la determinazione della resistenza sotto carico statico*;
**UNI ENV 1629** - *Finestre, porte, chiusure oscuranti. Resistenza all'effrazione. Metodo di prova per la determinazione della resistenza sotto carico dinamico*;
**UNI ENV 1630** - *Finestre, porte, chiusure oscuranti. Resistenza all'effrazione. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'azione manuale di effrazione.*

e) resistenza all'esplosione:
**UNI EN 13123-1** - *Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza all'esplosione. Requisiti e classificazione. Tubo da onda d'urto (shock-tube)*;
**UNI EN 13123-2** - *Finestre, porte e chiusure oscurant. Resistenza all'esplosione. Requisiti e classificazione. Parte 2: Prova all'aperto*;
**UNI EN 13124-1** - *Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza all'esplosione. Metodo di prova. Tubo da onda d'urto (shock- tube)*;
**UNI EN 13124-2** - *Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza all'esplosione. Metodo di prova. Parte 2: Prova all'aperto.*

f) classificazioni in base alle prestazioni:
**UNI EN 12207 -** *Finestre e porte. Permeabilità all'aria. Classificazione*;
**UNI EN 12208 -** *Finestre e porte. Tenuta all'acqua. Classificazione*;
**UNI EN 12210 -** *Finestre e porte. Resistenza al carico del vento. Classificazione.*

# Capitolo 12. NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI

## Art. 116. **Valutazione lavori a corpo e a misura**

Per le opere o le provviste a corpo il prezzo convenuto è fisso e invariabile, senza che possa essere invocata dalle parti contraenti alcuna verificazione sulla misura o sul valore attribuito alla qualità di dette opere o provviste. Per le opere appaltate a misura, la somma prevista nel contratto può variare, tanto in più quanto in meno, secondo la quantità effettiva di opere eseguite.

## Art. 117. **Scavi**

### *117.1. Scavi di sbancamento*

Per *scavi di sbancamento* o *sterri andanti* si intendono quelli occorrenti per lo spianamento o per la sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali, ecc. e, in generale, tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie.
Gli scavi di sbancamento generale saranno misurati a volume col metodo delle sezioni ragguagliate, basandosi sul piano quotato redatto all'inizio lavori e sui disegni di progetto.
Normalmente si considera come perimetro dello scavo la verticale sul filo esterno dei manufatti perimetrali.
In nessun caso verrà misurata la scarpata che viene data alle pareti dello scavo o eventuali maggiorazioni dettate dalla necessità di effettuare armature provvisorie, puntellazioni, ecc.

### *117.2. Scavi a sezione obbligata*

Gi scavi a sezione obbligata verranno misurati esclusivamente sulla verticale del filo esterno dei manufatti, senza tenere conto dei maggiori volumi di scavo effettuati dall'appaltatore per proprie ragioni operative.
All'appaltatore non verranno pagati i volumi di scavo derivanti da maggiori sezioni rispetto a quelle progettuali, soprattutto se dipendenti da inidonea sbadacchiatira o armatura dello scavo stesso.

### *117.3. Scavi in presenza d'acqua*

Si considerano cavi in presenza d'aqua soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali di drenaggio.
Il volume di scavo eseguito in acqua, sino a una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà, perciò, considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Gli scavi subacquei saranno valutati con un sovraprezzo in aggiunta agli scavi di fondazione, per tenere conto degli aggottamenti ed esaurimenti dell'acqua presente, con qualsiasi mezzo l'appaltatore ritenga opportuno eseguirli.
L'aggottamento delle acque di falda col sistema well-point sarà pagato come indicato nell'elenco prezzi con il relativo prezzo di elenco, comprensivo delle punte aspiranti, pompe, mano d'opera, trasporto, messa in opera tubi, fornitura di energia, manutenzione, guardiania, controllo e assistenza nelle 24 ore.

### *117.4. Oneri aggiunti per gli scavi*

Oltre che per gli obblighi particolari emergenti dal presente articolo, con i prezzi d'elenco per gli scavi in genere l'appaltatore si deve ritenere compensato per i seguenti altri eventuali oneri:
- il taglio di piante, l'estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;
- il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte sia bagnate, di qualsiasi consistenza e anche in presenza d'acqua;
- i paleggi, l'innalzamento, il carico, il trasporto e lo scarico a rinterro o a rifiuto, entro i limiti previsti in elenco prezzi, la sistemazione delle materie di rifiuto, il deposito provvisorio e la successiva ripresa;
- la regolazione delle scarpate o delle pareti, lo spianamento del fondo, la formazione di gradoni, attorno e sopra le condotte di acqua o altre condotte in genere e sopra le fognature o drenaggi, secondo le sagome definitive di progetto esecutivo;
- le puntellature, le sbadacchiature e le armature di qualsiasi importanza e genere secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente capitolato speciale d'appalto, compresi le composizioni, le scomposizioni, le estrazioni e l'allontanamento, nonché gli sfridi, i deterioramenti, le perdite parziali o totali del legname o dei ferri;

- le impalcature, i ponti e le costruzioni provvisorie (occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo sia per la formazione di rilevati), i passaggi, gli attraversamenti, ecc.;
- ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

*117.5. Disfacimenti e ripristini di massicciate e pavimentazioni stradali*

I disfacimenti e i ripristini delle massicciate e delle pavimentazioni devono essere valutati a metro quadrato, assumendo per la misura di tali lavori una larghezza pari a quella convenzionalmente stabilita per gli scavi, maggiorata di 30 cm. Devono essere dedotte le superfici corrispondenti a rotaie, bocchette, chiusini, soglie e quant'altro occupi una parte della superficie pavimentata.
Gli scavi in cassonetto per il ripristino delle massicciate devono essere valutati separatamente a metro cubo, considerando una larghezza di scavo pari a quella convenzionale sopra stabilita e la profondità effettiva del cassonetto ordinato dalla direzione dei lavori.

## Art. 118. **Rilevati, rinterri e vespai**

*118.1. Rilevati*

Il volume dei rilevati e dei rinterri deve essere determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilevamenti eseguiti come per gli scavi di sbancamento.

*118.2. Rinterri*

I rinterri di cavi a sezione ristretta saranno valutati a metro cubo per il loro volume effettivo misurato in opera. Nei prezzi di elenco sono previsti tutti gli oneri per il trasporto dei terreni da qualsiasi distanza e per gli eventuali indennizzi a cave di prestito.

*118.3. Preparazione del piani di posa dei rilevati*

La preparazione del piano di posa dei rilevati, compresi il taglio e l'asportazione di piante, arbusti, basso bosco, ceppai e vegetazione in genere, l'asportazione del terreno vegetale per uno spessore non inferiore a 30 cm (da computare nel calcolo dei volumi), il riempimento con idonei materiali dei vuoti lasciati dalle parti asportate, ecc. deve essere compensata per ogni metro quadrato di superficie preparata.

*118.4. Riempimento con misto granulare. Vespai*

Il riempimento con misto granulare a ridosso delle murature per drenaggi, vespai, ecc., deve essere valutato a metro cubo per il suo volume effettivo misurato in opera.

## Art. 119. **Murature, calcestruzzi, solai, impermeabilizzazioni**

*119.1. Murature e tramezzi*

*119.1.1. Murature*

Tutte le murature in genere, con spessore superiore a 15 cm, saranno misurate geometricamente in base al volume, con le misure prese sul vivo dei muri, esclusi cioè gli intonaci, e devono essere dedotti tutti i vuoti di superficie maggiore di 1 $m^2$. Nei prezzi della muratura di qualsiasi specie, si intende compreso ogni onere per la formazione di spalle, sguinci, spigoli e strombature.

*119.1.2. Tramezzi*

Tutte le tramezzature in genere, con spessore inferiore a 15 cm, saranno valutate a metro quadrato e devono essere dedotti tutti i vuoti di superficie maggiore di 1 $m^2$. Nei prezzi della tramezzatura di qualsiasi specie, si intende compreso ogni onere per la formazione di spalle, sguinci, spigoli e strombature.

*119.1.3. Sagome, cornici, cornicioni, lesene e pilastri*

La formazione di sagome, di cornici, cornicioni, lesene, ecc. di qualsiasi aggetto sul paramento murario deve essere valutata a corpo.

*119.2. Calcestruzzi*

I calcestruzzi per fondazioni e le strutture costituite da getto in opera saranno in genere pagati a metro cubo e misurati in opera in base alle dimensioni previste dal progetto esecutivo, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorché inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi aperti e dal modo di esecuzione dei lavori.
Nei prezzi del conglomerato sono, inoltre, compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio e dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato deve essere eseguita, nonché gli oneri derivanti dal getto e dalla vibratura.
L'armatura ad aderenza migliorata deve essere compensata a parte.

*119.2.1. Casseforme*

Le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, saranno computate a metro quadrato.

*119.3. Acciaio per armature e reti elettrosaldate*

*119.3.1. Acciaio per cemento armato*

Le barre di acciaio ad aderenza migliorata, per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo, nonché la rete elettrosaldata, opportunamente sagomate e collocate in opera secondo le quantità del progetto esecutivo delle strutture in cemento armato, saranno valutate secondo il peso effettivo. Nel prezzo, oltre alla lavorazione e lo sfrido, è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

*119.4. Solai, impermeabilizzazioni, rivestimenti, ecc.*

*119.4.1. Solai*

I solai interamente di cemento armato (senza laterizi) saranno valutati al metro cubo, come ogni altra opera di cemento armato.
Ogni altro tipo di solaio, qualunque sia la forma, sarà, invece, pagato al metro quadrato di superficie netta misurata all'interno dei cordoli e/o delle travi di calcestruzzo armato, esclusi, quindi, la presa e l'appoggio su cordoli perimetrali o travi di calcestruzzo armato o su eventuali murature portanti.

*119.4.2. Impermeabilizzazioni*

Le impermeabilizzazioni con malta di asfalto, bitume, guaina prefabbricata a base di bitume, membrana composita, ecc., dello spessore minimo e delle caratteristiche rispondenti a quelle indicate nell'elenco prezzi o nei disegni progettuali esecutivi, saranno compensate:
- a metro quadrato, per le superfici piane;
- a metro quadrato di proiezione orizzontale per le superfici inclinate.

*119.4.3. Isolamento termo-acustico di pareti verticali o intercapedini di murature, solai, terrazzi, ecc.*

L'isolamento termo-acustico di pareti verticali, intercapedini di murature, solai e terrazze realizzati con pannelli rigidi, posti in opera con le caratteristiche indicate nell'elenco prezzi e con le dimensioni minime progettuali, sarà compensato a metro quadrato di superficie isolata.

*119.4.4. 137.5.4 Massetto isolante*

Il massetto isolante posto in opera a qualunque altezza nel rispetto di eventuali pendenze, con le caratteristiche indicate nell'elenco prezzi e con le dimensioni minime illustrate nel progetto esecutivo, sarà compensato a metro cubo.

*119.4.5. Misurazione delle coibentazioni*

Per altre indicazioni circa la misurazione delle coibentazioni di tubazioni, apparecchi e serbatoi, non previste espressamente, si rimanda alla norma **UNI 6665**.

*119.5. Lavori in metallo*

*119.5.1. Ringhiere e cancellate semplici*

Le ringhiere e cancellate con profilati di ferro scatolari o pieni e con disegni semplici e lineari devono essere valutate a peso.

*119.5.2. Ringhiere e cancellate con ornati*

Le ringhiere e cancellate di ferro con ornati o con disegni particolarmente complessi devono essere valutate a corpo.

*119.6. Controsoffitti e soppalchi*

*119.6.1. Soppalchi*

I soppalchi devono essere valutati a metro quadrato di superficie di solaio realizzata.

*119.6.2. Controsoffitti piani*

I controsoffitti piani saranno pagati in base alla superficie della loro proiezione orizzontale. Sono compresi e compensati nel prezzo anche il raccordo con eventuali muri perimetrali curvi, e tutte le forniture, magisteri e mezzi d'opera necessari per dare controsoffitti finiti in opera, come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione. È esclusa e compensata a parte l'orditura portante principale.

*119.6.3. Lavorazioni particolari sui controsoffitti*

Gli eventuali elementi aggiuntivi di lavorazioni sui controsoffitti, quali per esempio sporgenze, rientranze, sagome particolari, cornici, ecc., devono essere compensati a corpo.

*119.7. Pavimenti e rivestimenti*

*119.7.1. Pavimenti*

I pavimenti, di qualunque genere, saranno valutati per la superficie vista tra le pareti intonacate dell'ambiente. Nella misura non sarà, perciò, compresa l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco e la stuccatura delle eventuale fughe.

I prezzi di elenco per ciascun genere di pavimento comprendono l'onere per la fornitura dei materiali e per ogni lavorazione intesa a dare i pavimenti stessi completi e rifiniti, come prescritto nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, compreso il sottofondo.

In ciascuno dei prezzi concernenti i pavimenti, anche nel caso di sola posa in opera, si intendono compresi gli oneri e le opere di ripristino e di raccordo con gli intonaci, qualunque possa essere l'entità delle opere stesse.

*119.7.2. Zoccolino battiscopa*

La posa in opera di zoccolino battiscopa di qualunque genere deve essere valutata a metro lineare, compresa la stuccatura delle eventuali fughe.

*119.7.3. Rivestimenti di pareti*

I rivestimenti di piastrelle o di mosaico verranno misurati per la superficie effettiva, qualunque sia la sagoma e la posizione delle pareti da rivestire. Nel prezzo al metro quadrato sono comprese la fornitura e la posa in opera di tutti i pezzi speciali di raccordo, gli angoli, ecc., che saranno computati nella misurazione, nonché l'onere per la preventiva preparazione con malta delle pareti da rivestire, la stuccatura finale dei giunti e la fornitura di collante per rivestimenti.

*119.7.4. Fornitura in opera dei marmi, pietre naturali e artificiali*

I prezzi della fornitura in opera dei marmi e delle pietre naturali o artificiali, previsti in elenco, saranno applicati alle superfici effettive dei materiali in opera. Ogni onere derivante dall'osservanza delle norme prescritte nel

presente capitolato si intende compreso nei prezzi.
Specificatamente, detti prezzi comprendono gli oneri per:
- la fornitura;
- lo scarico in cantiere;
- il deposito e la provvisoria protezione in deposito;
- la ripresa, il successivo trasporto e il sollevamento dei materiali a qualunque altezza, con eventuale protezione, copertura o fasciatura;
- ogni successivo sollevamento e ogni ripresa con boiacca di cemento o altro materiale;
- la fornitura di lastre di piombo, grappe, staffe, regolini, chiavette e perni occorrenti per il fissaggio;
- ogni occorrente scalpellamento delle strutture murarie e la successiva chiusura e ripresa delle stesse;
- la stuccatura dei giunti;
- la pulizia accurata e completa e la protezione a mezzo di opportune opere provvisorie delle pietre già collocate in opera;
- tutti i lavori che risultassero necessari per il perfetto rifinimento dopo la posa in opera.

I prezzi di elenco sono, tra l'altro, comprensivi dell'onere dell'imbottitura dei vani dietro i pezzi, fra i pezzi stessi o comunque fra i pezzi e le opere murarie da rivestire, in modo tale da ottenere un buon collegamento e, dove richiesto, un incastro perfetto.

### *119.8. Intonaci*

I prezzi degli intonaci saranno applicati alla superficie intonacata senza tener conto delle superfici laterali di risalti, lesene e simili. Tuttavia, saranno valutate anche tali superfici laterali quando la loro larghezza superi 5 cm. Tali prezzi varranno sia per superfici piane sia per superfici curve. L'esecuzione di gusci di raccordo, se richiesti negli angoli fra pareti e soffitto e fra pareti e pareti, con raggio non superiore a 15 cm, è compresa nel prezzo, avuto riguardo che gli intonaci verranno misurati anche in questo caso come se esistessero gli spigoli vivi.
Nel prezzo degli intonaci è compreso l'onere della ripresa, dopo la chiusura, di tracce di qualunque genere, della muratura di eventuali ganci al soffitto e delle riprese di contropavimenti, zoccolature e serramenti.
I prezzi dell'elenco valgono anche per intonaci su murature di mattoni forati dello spessore di una testa, essendo essi comprensivi dell'onere dell'intasamento dei fori dei laterizi.
Gli intonaci interni sui muri di spessore maggiore di 15 cm saranno computati a vuoto per pieno, a compenso dell'intonaco nelle riquadrature dei vani, che non saranno perciò sviluppate.
Saranno, tuttavia, detratti i vani di superficie maggiore di 4 $m^2$, valutandone a parte la riquadratura.
Gli intonaci interni su tramezzi in foglio o a una testa saranno computati per la loro superficie effettiva. Pertanto, dovranno eseere detratti tutti i vuoti, di qualunque dimensione essi siano, e aggiunte le loro riquadrature.
Nessuno speciale compenso sarà dovuto per gli intonaci eseguiti a piccoli tratti, anche in corrispondenza di spalle e mazzette di vani di porte e finestre.

### *119.9. Tinteggiature, coloriture e verniciature*

#### *119.9.1. Superfici murarie interne*

Le pareti e i soffitti piani devono essere misurati deducendo solo i vani non tinteggiabili aventi superfici superiori ai 4 $m^2$.
I vani inferiori ai 4 $m^2$ vengono computati vuoto per pieno con infisso, a compenso degli eventuali squarci o celini dell'indispensabile profilatura.
Quando esistono sporgenze o rientranze, non si computano se inferiori ai 5 cm.
I sistemi di misurazione di cui sopra si riferiscono a lavori a calce, colla e tempera; per lavori con l'impiego di altri materiali la misura è quella effettiva, con detrazione dei vani superiori a 2 $m^2$.
Le zoccolature si devono misurare a metro lineare se inferiori ai 18 cm di altezza; le zoccolature di altezza superiore, invece, si devono misurare a metro quadrato e le relative profilature a metro lineare.
La superficie dei soffitti normali in legno a travatura parallela si deve misurare calcolando la superficie in proiezione moltiplicata per 1,50.
Per i soffitti a volta aventi la luce fino a 6 metri lineari, la relativa superficie deve essere determinata moltiplicando la superficie della loro proiezione orizzontale per il coefficiente compreso tra un minimo di 1,20 e

un massimo di 1,40.
Per luci maggiori a 6 metri lineari occorre misurare la superficie reale.

#### *119.9.2. Superfici murarie esterne*

Le tinteggiature eseguite su facciate o superfici esterne devono essere calcolate sulla massima altezza e massima larghezza, deducendo soltanto i vuoti superiori a 8 $m^2$ e con l'aggiunta dello sviluppo delle gronde, dei parapetti, dei sottobalconi, dei frontali e di qualunque altra sporgenza o rientranza.
Le tinteggiature con idropitture e le verniciature e le applicazioni di rivestimenti plastici devono essere calcolate sulla massima altezza e massima larghezza, deducendo soltanto i vuoi superiori a 2 $m^2$ e con l'aggiunta dello sviluppo delle gronde, dei parapetti, dei sottobalconi, dei frontali e di qualunque altra sporgenza o rientranza.
Resta a carico dell'impresa esecutrice la protezione e la pulizia di davanzali, spalle, architravi e oggetti in genere.
In ogni caso, zoccolini, sagome, filettature, profilature, campionature, scuretti e cordonature, se eseguiti in colore diverso, devono essere misurate a parte, a metro lineare, secondo la linea più lunga.

#### *119.9.3. Infissi, ringhiere e simili*

La preparazione e la successiva tinteggiatura o laccatura di infissi e simili provenienti da dismissione devono essere valutate a corpo, comprendendo la dismissione e la ricollocazione dell'infisso dopo il trattamento.
Per la coloritura o verniciatura di infissi, ringhiere o simili si devono osservare le seguenti norme:
- per le porte bussole e simili si computerà due volte la luce netta dell'infisso, non detraendo le eventuali superfici del vetro. È compresa con ciò anche la verniciatura del telaio per muri grossi o del cassettoncino;
- per le finestre senza persiane, ma con scuretti, si computerà tre volte la luce netta dell'infisso, essendo così compensata la coloritura degli scuretti e del telaio (o cassettone);
- per le finestre senza persiane e senza scuretti si computerà una volta sola la luce netta dell'infisso, comprendendo con ciò anche la coloritura e sgocciolatoio del telaio;
- per persiane avvolgibili si computerà due volte e mezzo la luce netta dell'infisso, comprendendo con ciò anche la coloritura del telaio;
- per le opere in ferro semplici e senza ornati, quali finestre, grandi vetrate, lucernari, serrande avvolgibili a maglia, infissi di vetrine, si computeranno i tre quarti della superficie complessiva, misurata sempre in proiezione, ritenendo così compensata la coloritura di sostegni, grappe e simili accessori dei quali non si terrà conto nella misurazione;
- per le opere in ferro di tipo normale a disegno, quali ringhiere, cancelli anche riducibili, inferriate e simili, sarà computata una volta la loro superficie misurata come sopra;
- per opere in ferro con ornati ricchissimi, nonché per pareti metalliche e lamiere striate, sarà computata una volta e mezzo la loro superficie misurata come sopra;
- per le serrande in lamiera ondulata o a elementi di lamiera, sarà computata tre volte la luce netta del vano, misurato in altezza, tra la soglia e la battuta della serranda, intendendo con ciò compensata anche la coloritura della superficie non in vista;
- i radiatori saranno computati per elemento radiante;
- per le persiane alla romana si computerà tre volte.

Tutte le coloriture e le verniciature si intendono eseguite su entrambe le facce, compresi eventuali accessori.

### *119.10. Infissi*

#### *119.10.1. Modalità di misurazione delle superfici*

La superficie degli infissi, qualora non espressamente o non chiaramente indicata nell'elenco prezzi, deve essere misurata considerando le luci nette, le luci fra i telai oppure la luce massima fra le mostre.
I prezzi elencati comprendono la fornitura a piè d'opera dell'infisso e dei relativi accessori (serrature, maniglie e cerniere), l'onere dello scarico e del trasporto sino ai singoli vani di destinazione e la posa in opera.

#### *119.10.2. Infissi in metallo*

La fornitura e la collocazione di infissi di alluminio, compresi telai, coprifili, ferramenta e maniglierie, elementi in vetro (vetro-camera, vetro normale, vetro di sicurezza), pannelli, ecc., devono essere valutate a metro

quadrato.

*119.11. Pluviali e grondaie*

I tubi pluviali e le grondaie (in PVC, rame, ecc.) devono essere valutati a metro lineare di sviluppo in opera senza tener conto delle parti sovrapposte, escluso i pezzi speciali che saranno pagati a parte, intendendosi comprese nei rispettivi prezzi di elenco la fornitura e la posa in opera di staffe o di altri elementi di ancoraggio (in acciaio o in rame).

## Art. 120. **Impianti elettrici**

*120.1. Quadri elettrici relativi alle centrali, tubi protettivi, ecc.*

I quadri elettrici relativi alle centrali, i tubi protettivi, le linee elettriche di alimentazione e di comando delle apparecchiature, le linee di terra e i collegamenti equipotenziali devono essere valutati nel prezzo di ogni apparecchiatura a piè d'opera alimentata elettricamente.

*120.2. Canalizzazioni e cavi*

I tubi di protezione, le canalette portacavi, i condotti sbarre e il piatto di ferro zincato per le reti di terra devono essere valutati al metro lineare, misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera. Sono comprese le incidenze per gli sfridi e per i mezzi speciali per gli spostamenti, i raccordi, i supporti, le staffe, le mensole e i morsetti di sostegno e il relativo fissaggio a parete con tasselli a espansione.
I cavi multipolari o unipolari di MT e di BT devono essere valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo lineare in opera, aggiungendo un metro per ogni quadro al quale essi sono attestati.
Nei cavi unipolari o multipolari di MT e di BT sono comprese le incidenze per gli sfridi, i capi corda e i marca cavi, esclusi i terminali dei cavi di MT.
I terminali dei cavi di MT saranno valutati a numero. Nel prezzo dei cavi di MT sono compresi tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei terminali stessi.
I cavi unipolari isolati saranno valutati al metro lineare misurando l'effettivo sviluppo in opera, aggiungendo 30 cm per ogni scatola o cassetta di derivazione e 20 cm per ogni scatola da frutto.
Sono comprese le incidenze per gli sfridi, i morsetti volanti fino alla sezione di 6 $mm^2$ e i morsetti fissi oltre tale sezione.
Le scatole, le cassette di derivazione e i box telefonici saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologia e dimensione.
Nelle scatole di derivazione stagne sono compresi tutti gli accessori quali passacavi, pareti chiuse, pareti a cono, guarnizioni di tenuta; in quelle dei box telefonici, invece, sono comprese le morsettiere.

*120.3. Apparecchiature in generale e quadri elettrici*

Le apparecchiature in generale devono essere valutate a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e portata entro i campi prestabiliti. Sono compresi tutti gli accessori necessari per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.
I quadri elettrici saranno valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche e tipologie in funzione di:
- superficie frontale della carpenteria e relativo grado di protezione (IP);
- numero e caratteristiche degli interruttori, contattori, fusibili, ecc.

Nei quadri, la carpenteria deve comprendere le cerniere, le maniglie, le serrature, i pannelli traforati per contenere le apparecchiature, le etichette, ecc.
Gli interruttori automatici magnetotermici o differenziali, i sezionatori e i contattori da quadro, devono essere distinti secondo le rispettive caratteristiche e tipologie, quali:
- il numero dei poli;
- la tensione nominale;
- la corrente nominale;
- il potere di interruzione simmetrico;
- il tipo di montaggio (contatti anteriori, contatti posteriori, asportabili o sezionabili su carrello).

Comprenderanno l'incidenza dei materiali occorrenti per il cablaggio e la connessione alle sbarre del quadro e quanto occorre per far sì che l'interruttore sia funzionante.
I corpi illuminanti devono essere valutati a numero secondo le rispettive caratteristiche, tipologie e potenzialità. Sono comprese le lampade, i portalampade e tutti gli accessori necessari per dare in opera l'apparecchiatura completa e funzionante.
I frutti elettrici di qualsiasi tipo devono essere valutati a numero di frutto montato. Sono escluse le scatole, le placche e gli accessori di fissaggio, che devono essere valutati a numero.

*120.4. Opere di assistenza agli impianti*

Le opere e gli oneri di assistenza di tutti gli impianti compensano e comprendono le seguenti prestazioni:
- scarico dagli automezzi e sistemazione in magazzino di tutti i materiali pertinenti agli impianti;
- apertura e chiusura di tracce per la posa di tubazioni, cassette di derivazione, ecc., per impianti idrico-sanitarii, elettrici, di riscaldamento, climatizzazione, ecc.;
- predisposizione e formazione di fori e nicchie per quadri elettrici, collettori, ecc.;
- muratura di scatole, cassette, sportelli, controtelai di bocchette, serrande e griglie;
- fissaggio di apparecchiature ai relativi basamenti e supporti;
- formazione di basamenti di calcestruzzo o muratura e, ove richiesto, interposizione di strato isolante, baggioli, ancoraggi di fondazione e nicchie;
- materiali di consumo e mezzi d'opera occorrenti per l'esecuzione degli impianti;
- trasporto alla discarica dei materiali di risulta delle lavorazioni;
- scavi e rinterri relativi a tubazioni o apparecchiature poste interrate;
- ponteggi di servizio interni ed esterni.

## Art. 121. **Opere stradali e pavimentazioni varie**

*121.1. Fondazioni e pavimentazioni in conglomerato cementizio; fondazioni in terra stabilizzata*

La valutazione per le fondazioni e le pavimentazioni in conglomerato cementizio e le fondazioni in terra stabilizzata deve essere a metro cubo di opera finita. Il prezzo a metro cubo della fondazione e della pavimentazione in calcestruzzo comprende tutti gli oneri per:
- lo studio granulometrico della miscela;
- la fornitura e stesa di un centimetro di sabbia quale letto di posa del calcestruzzo e dello strato di cartone catramato isolante;
- la fornitura degli inerti delle qualità e nelle quantità prescritte dal presente capitolato, nonché la fornitura del legante e dell'acqua;
- il nolo del macchinario occorrente per la confezione, il trasporto e la posa in opera del calcestruzzo;
- la vibrazione e stagionatura del calcestruzzo;
- la formazione e sigillatura dei giunti;
- tutta la mano d'opera occorrente per i lavori suindicati e ogni altra spesa e onere per il getto della lastra, ivi compreso quello del getto in due strati, se ordinato.

Lo spessore deve essere valutato in base a quello prescritto con tolleranza non superiore ai 5 mm, purché le differenze si presentino saltuariamente e non come regola costante. In questo caso non si terrà conto delle eccedenze, mentre si dedurranno le deficienze riscontrate.
Per l'armatura del calcestruzzo deve essere fornita e posta in opera una rete d'acciaio a maglie che deve essere valutata a parte, secondo il peso unitario prescritto e determinato in precedenza a mezzo di pesatura diretta.
Anche per le fondazioni in terra stabilizzata valgono tutte le norme di valutazione sopra descritte. Si precisa, ad ogni modo, che il prezzo comprende:
- gli oneri derivanti dalle prove preliminari necessarie per lo studio della miscela, nonché da quelle richieste durante l'esecuzione del lavoro;
- l'eventuale fornitura di terre e sabbie idonee alla formazione della miscela, secondo quanto prescritto o richiesto dalla direzione dei lavori;
- il macchinario e la mano d'opera necessari e quanto altro occorra, come precedentemente descritto.

*121.2. Acciottolati, selciati, lastricati, pavimentazioni in cemento, di porfido*

Gli acciottolati, i selciati, i lastricati e le pavimentazioni in cubetti devono essere pagati a metro quadrato di superficie realizzata.

*121.3. Pavimentazioni di marciapiedi*

Le pavimentazioni di marciapiedi devono essere compensate a metro quadrato di superficie realizzata.

## Art. 122. **Noleggi**

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.
È a carico esclusivo dell'appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine.
Il prezzo comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, all'energia elettrica e a tutto quanto occorre per il funzionamento delle macchine.
I prezzi di noleggio di meccanismi, in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione del committente e, cioè, anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo stabilito per meccanismi in funzione soltanto alle ore in cui essi sono in attività di lavoro. In ogni altra condizione di cose, si applica il prezzo stabilito per meccanismi in riposo, anche durante il tempo impiegato per scaldare i meccanismi, portandoli a regime.
Nel prezzo del noleggio sono compresi e compensati gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio e allontanamento dei detti meccanismi.
Per il noleggio dei carri e degli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro.

## Art. 123. **Manodopera**

Gli operai per l'esecuzione dei lavori in economia dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi.

## Art. 124. **Trasporti**

Con i prezzi dei trasporti si intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente e ogni altra spesa occorrente.
I mezzi di trasporto per i lavori in economia devono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.
La valutazione delle materie da trasportare deve avvenire, a seconda dei casi, a volume o a peso, con riferimento alla distanza.