



Comune

CALENDASCO

Provincia

PIACENZA

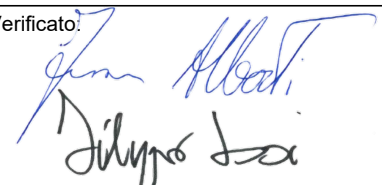
Titolo del progetto

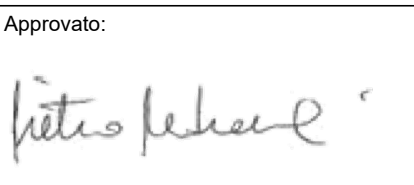
Realizzazione nuovi pozzi a Calendasco

Livello di progettazione D-DEFINITIVO		Settore di business I1-ACQUEDOTTO	Disciplina GEN-GENERALE
Numero CA-002	Titolo Capitolato prestazionale Opere civili		Scala -
ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)		Codifica WBS
2017PCIE0213	2017PCIE0213-D-I1-GEN-CA-002-00-Capitolato prestazionale Opere civili		C1011-E022-61-0024-2

00	Dicembre 2022	Emissione progetto definitivo	M.C.	F.L. - F.A.	P.P.
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato

Redatto: 
Ing. Matteo Cantagalli

Verificato: 
Ing. Filippo Losi - Ing. Francesco Alberti

Approvato: 
Ing. Pietro Pedrazzoli

 Funzione Ingegneria e Realizzazioni IRETI.S.p.A - Società con socio unico IREN S.p.A Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A Sede legale : Via Piacenza, 54 - 16138 Genova (GE) cod.fisc n° 01791490343 e P.IVA n° IT 02863660359 pec:ireti@pec.ireti.it	 Alfa Solutions S.p.A. V.le Ramazzini 39D 42124 Reggio Emilia (RE)	Progettazione generale e SIA: Responsabile: Ing. Matteo Cantagalli Collaboratori: Arch. Marta Mangiarotti Ing. Chiara Incerti, Ing. Luigi Settembrini, Dott. Lorenzo Cervi, Arch. Simone Ruini, Ing. Silvia Pantaleone
	 GEOINVEST s.r.l. Geologia-Geofisica	Progettazione pozzi e SIA: Geol. Aldo Ambrogio Geol. Davide Roverselli
	Progettazione strutturale e geotecnica: Ing. Valerio Assereto	

Indice

1	REGOLE GENERALI PER LAVORI DI COSTRUZIONE DI QUALSIASI TIPOLOGIA.....	16
1.1	Campo d'applicazione.....	16
1.2	Materiali, elementi costruttivi	17
1.2.1	Generalità.....	17
1.2.2	Messa a disposizione	17
1.2.3	Fornitura	17
1.2.4	Marchio CE	18
1.3	Esecuzione.....	18
1.4	Prestazioni accessorie, prestazioni particolari.....	19
1.4.1	Prestazioni accessorie	19
1.4.2	Prestazioni particolari	20
1.5	Contabilizzazione	21
2	PRESTAZIONI, OPERE E MATERIALI STRUTTURALI E GEOTECNICHE.....	22
2.1	DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE A CARICO DELL'APPALTATORE	22
2.2	Normative di riferimento.....	23
3	STRUTTURE IN C.A. GETTATE IN OPERA.....	27
3.1	REQUISITI E PRESTAZIONI DEI MATERIALI	27
3.2	Esecuzione.....	41
3.2.1	Prescrizioni generali	41
3.2.2	Prove sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco.....	49
3.2.3	Tolleranze.....	53
3.2.4	Definizione planarità.....	54
3.2.5	Specifiche di esecuzione	54
3.2.5.1	Pulizia dei casseri, applicazione disarmante e cassetatura	54
3.2.5.2	Disposizione armatura solaio.....	55
3.2.5.3	Getto del conglomerato.....	55
3.2.5.4	Getto su strutture inclinate	56
3.2.5.5	Rifinitura superficiale dei solai.....	56
3.2.5.6	Stagionatura e protezione dei getti	56
3.3	Documentazione da produrre.....	56
3.4	Collaudo delle opere	57

3.5	Oneri a carico dell'Appaltatore	57
4	GIUNTI NELLE STRUTTURE IN C.A.	59
4.1	GIUNTI DI LAVORO (RIPRESE DI GETTO)	59
5	PALI INFISSI	60
5.1	CAMPO DI APPLICAZIONE E DEFINIZIONE	60
5.2	ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI	60
5.3	ARMATURE METALLICHE E RIVESTIMENTI METALLICI.....	62
5.4	CONGLOMERATI CEMENTIZI	63
5.5	MODALITA' ESECUTIVE	64
5.5.1	Pali infissi gettati in opera.....	64
5.5.2	Pali infissi gettati in opera.....	66
5.6	CONTROLLI	68
5.6.1	PROVE IN CORSO D'OPERA	68
5.6.2	PROVE SU PALI STRUMENTATI.....	69
5.6.3	PROVE DI CONTROLLO SONICO	70
5.6.4	PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)	71
5.6.5	TOLLERANZE DI COSTRUZIONE	72
6	DISPOSITIVI E MATERIALI SPECIALI	74
6.1	ELEMENTI DI RIPRESA ARMATURA TIPO STABOX.....	74
6.2	SISTEMA D'ARMATURA A PUNZONAMENTO	75
6.3	ANCORANTI CHIMICI AD INIEZIONE TIPO HILTI	77
7	SISTEMA DI "VASCA BIANCA" PER CALCESTRUZZI IMPERMEABILI	79
7.1	Fasi procedurali per la definizione della vasca strutturale in calcestruzzo impermeabile	79
7.1.1	Progettazione dei dettagli costruttivi idonei alla tenuta idraulica della vasca nella sua integrità	79
7.1.2	Prequalifica del mix design e miscelazione in centrale di betonaggio dell'additivo tipo "PENETRON ADMIX"	79
7.1.3	Supervisione delle fasi di esecuzione dei getti in calcestruzzo.....	80
7.1.4	Emissione delle garanzie postume con assicurazione decennale.....	80
7.2	Additivazione del calcestruzzo con cristallizzante	80
7.3	Distanziatori di cassero	80
7.4	Giunti di ripresa di getto impermeabili fra muri verticali	80

7.5	Giunti di ripresa tra platea e muri perimetrali.....	81
7.6	Giunto di fessurazione pilotata su muri perimetrali.....	81
7.7	Sigillatura	81
8	CABINA PREFABBRICATA.....	82
8.1	Specifiche costruttive locale consegna (Enel).....	82
8.2	Specifiche costruttive locale misure e utente +trafo (Ireti).....	83
8.3	Documenti da fornire alla stazione appaltante	84
9	ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE	85
9.1	Generalita.....	85
9.1.1	L'acciaio per getti	87
9.1.2	L'acciaio per strutture saldate	87
9.2	I bulloni e i chiodi	88
9.3	L'impiego di acciai inossidabili	90
9.4	Le specifiche per gli acciai da carpenteria in zona sismica	90
9.5	Le procedure di controllo su acciai da carpenteria.....	91
9.5.1	I controlli in stabilimento di produzione.....	91
9.5.2	I controlli nei centri di trasformazione	94
9.5.3	I controlli di accettazione in cantiere da parte del direttore dei lavori	96
9.6	MODALITÀ REALIZZATIVE MANUFATTI STRUTTURALI IN ACCIAIO	97
9.7	ZINCATURA.....	107
9.8	OPERE DA FABBRO	108
10	SCAVI E RINTERRI	110
10.1	GENERALITÀ	110
10.2	Tolleranze.....	111
11	LAVORI IN TERRA.....	112
11.1	Campo di applicazione	112
11.2	Materiali, elementi costruttivi; terreni e rocce.....	112
11.2.1	Generalità.....	112
11.3	Descrizione del terreno e della roccia.....	113
11.3.1	Descrizione e classificazione di altri materiali	114
11.4	Esecuzione.....	114
11.4.1	Generalità.....	115

11.4.2	Impianto esercizio e protezione dell'area di cantiere	116
11.4.3	Lavori con terra vegetale	116
11.4.4	Asporto e caricamento.....	117
11.4.5	Trasporto.....	117
11.4.6	Stesa e costipamento.....	117
11.4.7	Realizzazione di scarpate di opere in terra	118
11.4.8	Realizzazione di nuclei impermeabili	118
11.4.9	Realizzazione di scavi di sbancamento e di trincee	118
11.4.10	Riempimento a tergo e rinterro o copertura di costruzioni	119
11.4.11	Lavori eseguiti durante o dopo periodi di gelo	120
11.5	Prestazioni accessorie e prestazioni particolari.....	120
11.5.1	Prestazioni accessorie.....	120
11.5.2	Prestazioni particolari	121
11.6	Contabilizzazione	122
11.6.1	Generalità.....	122
11.6.2	Asporto del terreno, sbancamenti e trincee.....	122
11.6.3	Riporto, riempimento a tergo e rinterri.....	123
11.6.4	Compattazione.....	123
12	AGGOTTAMENTI	124
12.1	Campo di applicazione	124
12.2	Materiali, elementi costruttivi	124
12.3	Esecuzione.....	124
12.3.1	Generalità.....	124
12.3.2	Impianto di aggotamento	125
12.3.3	Convogliamento e scarico dell'acqua	125
12.3.4	Risalita del livello dell'acqua	126
12.4	Prestazioni accessorie, prestazioni particolari.....	126
12.4.1	Prestazioni accessorie.....	126
12.4.2	Prestazioni particolari	126
12.5	Contabilizzazione	127
13	COSTRUZIONI STRADALI – FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE	128
13.1	GENERALITÀ E DEFINIZIONI	128
13.2	QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE.....	128

13.2.1	Materiali sciolti naturali	128
13.2.2	Altri materiali	132
13.3	PIANIFICAZIONE DEI LAVORI	132
13.4	ESECUZIONE DEI LAVORI	137
13.4.1	Scavi e demolizioni	137
13.4.2	Riporti	142
13.4.2.1	Piano d'appoggio dei rilevati	142
13.4.2.2	Strati anticapillari	144
13.4.2.3	Rilevati in terra naturale	145
13.4.2.4	Riempimenti	148
13.4.3	Stabilizzazione delle terre con calce o con calce e cemento	149
13.4.4	Massicci in terra rinforzata	156
13.4.5	Rilevati con materiale riciclati	157
13.4.6	Sottofondo	164
13.5	CONTROLLI	165
14	COSTRUZIONI STRADALI - FORMAZIONE DI STRATI IN MISTO GRANULARE	172
14.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	172
14.2	ACCETTAZIONE DEL MISTO GRANULARE	175
14.3	CONFEZIONAMENTO DEL MISTO GRANULARE	176
14.4	POSA IN OPERA DEL MISTO GRANULARE	176
14.5	CONTROLLI	176
15	COSTRUZIONI STRADALI – FORMAZIONE DI STRATI DI FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO	179
15.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	179
15.2	ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	181
15.3	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE	182
15.4	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA	182
15.5	POSA IN OPERA DELLE MISCELE	182
15.6	PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO	182
15.7	CONTROLLI	183
16	COSTRUZIONI STRADALI - FORMAZIONE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO CONFEZIONATO CON BITUME MODIFICATO	188
16.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	188

16.2	ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	193
16.3	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE	194
16.4	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA	194
16.5	POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	196
16.6	CONTROLLI	197
17	COSTRUZIONI STRADALI - FORMAZIONE DI MANTI DI USURA SPECIALI	203
17.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	203
17.2	ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	210
17.3	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE	210
17.4	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA	211
17.5	POSA DELLE MISCELE	211
17.6	CONTROLLI	212
18	COSTRUZIONI STRADALI – TRATTAMENTI BITUMINOSI A FREDDO.....	218
18.1	TRATTAMENTI SUPERFICIALI DI IRRUVIDIMENTO A FREDDO.....	218
18.1.1	Materiali costituenti e loro qualificazione	218
18.1.2	Attrezzature di cantiere	220
18.1.3	Preparazione delle superfici di stesa	221
18.1.4	Posa in opera.....	221
18.1.5	Controlli.....	222
18.2	MICROTAPPETI A FREDDO (SLURRY SEALS)	224
18.2.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	224
18.2.2	MISCELE.....	226
18.2.3	Accettazione delle miscele.....	227
18.2.4	Confezionamento e posa in opera	227
18.2.5	Controlli.....	228
18.3	TRATTAMENTI SUPERFICIALI DI DEPOLVERIZZAZIONE A FREDDO.....	229
18.3.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	229
18.3.2	Attrezzature di cantiere	231
18.3.3	Preparazione delle superfici di stesa	232
18.3.4	Posa in opera.....	232
18.3.5	Controlli.....	234

19	COSTRUZIONI STRADALI – FORMAZIONE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A FREDDO	237
19.1	MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE	237
19.2	ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	240
19.3	CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE	241
19.4	CONTROLLI	241
20	COSTRUZIONI STRADALI - PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO CON GIUNTI A LASTRE NON ARMATE E IN CALCESTRUZZO AD ARMATURA CONTINUA.....	243
20.1	PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO CON GIUNTI A LASTRE NON ARMATE.....	243
20.1.1	Materiali costituenti e loro qualificazione	243
20.1.2	Accettazione della miscela.....	248
20.1.3	Confezionamento delle miscele.....	249
20.1.4	Trasporto delle miscele.....	250
20.1.5	Posa in opera delle miscele.....	251
20.1.6	Stagionatura e protezione della lastra.....	254
20.1.7	Esecuzione dei giunti.....	255
20.1.8	Autorizzazione per la transitabilità della lastra	256
20.1.9	Controlli.....	256
20.2	PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO AD ARMATURA CONTINUA.....	261
20.2.1	Materiali costituenti e loro qualificazione	261
20.2.2	Accettazione delle miscele.....	267
20.2.3	Confezionamento delle miscele.....	269
20.2.4	Trasporto delle miscele.....	269
20.2.5	Posa in opera delle miscele.....	270
20.2.6	Stagionatura e protezione della lastra.....	273
20.2.7	Esecuzione dei giunti o degli ancoraggi	273
20.2.8	Autorizzazione per la transitabilità della lastra	275
20.2.9	Controlli.....	275
21	COSTRUZIONI STRADALI – PAVIMENTAZIONI CON MASSELLI, CUBETTI E LASTRE - CORDOLI	282
21.1	Campo di applicazione	282
21.2	Materiali, elementi costruttivi	282
21.2.1	Masselli e lastre di calcestruzzo	282
21.2.2	Mattonelle e lastre per pavimentazioni di materiali ceramici.....	282

21.2.3	Cubetti e lastre di pietra naturale	282
21.2.4	Cordoli e bordi di calcestruzzo	283
21.2.5	Cordoli di pietra naturale	283
21.2.6	Cunette e canalette di calcestruzzo	283
21.2.7	Altri prodotti di calcestruzzo per la pavimentazioni	283
21.2.8	Canalette di drenaggio	283
21.2.9	Materiale per il letto di posa	283
21.2.10	Materiale di riempimento delle fughe	284
21.2.11	Leganti	284
21.2.12	Calcestruzzo	284
21.2.13	Altro	284
21.3	Esecuzione	284
21.3.1	Generalità	285
21.3.2	Posizione, tolleranze, giunti di dilatazione	285
21.3.3	Pavimentazioni con elementi di calcestruzzo	286
21.3.3.1	Letto di posa	286
21.3.3.2	Posa in opera	286
21.3.3.3	Sigillatura delle fughe	287
21.3.4	Pavimentazione di materiali ceramici	287
21.3.4.1	Letto di posa	287
21.3.4.2	Posa e messa in opera	287
21.3.4.3	Sigillatura dei giunti	287
21.3.5	Pavimentazione in pietra naturale	287
21.3.5.1	Letto di posa	287
21.3.5.2	Posa in opera	287
21.3.5.3	Sigillatura dei giunti	288
21.3.6	Pavimentazioni con lastre	288
21.3.6.1	Letto di posa	288
21.3.6.2	Posa in opera	288
21.3.6.3	Sigillatura dei giunti	288
21.3.7	Cordoli e bordi	289
21.3.7.1	Elementi per cordoli e bordi	289
21.3.7.2	Bordi e contorni di altro tipo	289

21.3.8	Canalette di scarico.....	289
21.4	Prestazioni accessorie, prestazioni particolari.....	289
21.4.1	Prestazioni accessorie.....	289
21.4.2	Prestazioni particolari	290
21.5	Contabilizzazione	290
22	CHIUSINI E CADITOIE.....	292
22.1	Campo di applicazione	292
22.2	Chiusini (griglie e caditoie) per pozzetti di ogni tipo.....	292
22.3	Caditoie stradali	292
22.4	Caratteristiche generali di chiusini per pozzetti d'ispezione ecaditoie	293
23	COLLETTORI DI FOGNATURA E CONNESSIONI DI SCARICO.....	295
23.1	Campo di applicazione	295
23.2	Materiali, elementi costruttivi	295
23.2.1	Norme di carattere generale	295
23.2.2	Tubazioni ed elementi complementari.....	295
23.2.2.1	Tubazioni di gres	295
23.2.2.2	Tubazioni di ghisa sferoidale.....	296
23.2.2.3	Tubazioni di materia plastica (PVC-U).....	296
23.2.2.4	Tubazioni di materia plastica – Polietilene (PE).....	297
23.2.2.5	Tubazioni di materia plastica – Polipropilene (PP)	297
23.2.2.6	Tubazioni di materia plastica rinforzate con fibre di vetro (PRFV).....	297
23.2.2.7	Tubazioni di conglomerato cementizio.....	297
23.2.2.8	Tubazioni di fibrocemento	297
23.2.2.9	Tubazioni per ripristini e riparazioni	298
23.2.2.10	Pozzetti d'ispezione ed elementi complementari	298
23.2.3	Conessioni.....	298
23.3	Esecuzione.....	298
23.3.1	Generalità.....	298
23.3.2	Esecuzioni e verifica di canali e condotte di scarico e pozzetti.....	299
23.3.3	Verifiche	299
23.4	Prestazioni accessorie e prestazioni particolari.....	299
23.4.1	Prestazioni accessorie.....	299
23.4.2	Prestazioni particolari	299

23.5	Contabilizzazione	300
23.5.1	Per opere da contabilizzare a lunghezza (m)	300
23.5.2	Per opere da contabilizzare a numero (pz)	300
24	CONDOTTE IN PRESSIONE INTERRATE E FUORI TERRA.....	302
24.1	Campo di applicazione	302
24.2	Materiali, elementi costruttivi	302
24.2.1	Norme di carattere generale	302
24.2.1.1	Norme tecniche di carattere generale:.....	302
24.2.1.2	Acquedotti	302
24.2.1.3	Condotte di teleriscaldamento	302
24.2.1.4	Gasdotti.....	303
24.2.2	Tubazioni	303
24.2.2.1	Tubazioni in ghisa sferoidale.....	303
24.2.2.2	Tubazioni di materia plastica	304
24.2.2.3	Elementi di tenuta.....	306
24.2.2.4	Tubazioni in pressione in calcestruzzo armato	306
24.2.2.5	Tubazioni in acciaio	306
24.2.2.6	Tubazioni in fibrocemento	308
24.2.3	Componenti di impianti	309
24.2.3.1	Pompe	309
24.2.3.2	Valvole ed attrezzature	309
24.2.3.3	Raccordi e pezzi speciali.....	309
24.2.3.4	Pozzetti.....	310
24.2.3.5	Varie	310
24.2.4	Pressione nominale.....	310
24.3	Esecuzione.....	310
24.3.1	Generalità.....	310
24.3.2	Verifiche	311
24.3.2.1	Prove di tenuta.....	311
24.3.2.2	Ulteriori prove.....	311
24.3.3	Spurgo	311
24.4	Prestazioni accessorie, prestazioni particolari.....	311
24.4.1	Prestazioni accessorie	311

24.4.2	Prestazioni particolari	312
24.5	Contabilizzazione	312
24.5.1	Per opere da contabilizzare a lunghezza (m)	312
24.5.2	Per opere da contabilizzare a pezzo (pz)	312
25	SISTEMI DI CAVI E DI TUBI PER LINEE INTERRATE.....	314
25.1	Campo di applicazione	314
25.2	Materiali, elementi costruttivi	314
25.2.1	Generalità.....	314
25.2.2	Tubazioni ed accessori	314
25.3	Esecuzione.....	315
25.3.1	Generalità.....	315
25.3.2	Impianto ed esercizio del cantiere, misure di sicurezza	316
25.3.3	Demolizioni	316
25.3.4	Scavi in genere e trincee	317
25.3.5	Posa di cavi e di tubi di protezione, costruzione di sistemi di canalette per cavi..	317
25.3.5.1	Generalità	317
25.3.5.2	Posa di cavi.....	317
25.3.5.3	Posa di tubi di protezione per cavi e costruzione di canali per cavi	318
25.3.5.4	Infilaggio dei cavi.....	318
25.3.6	Rimozione di cavi	318
25.3.7	Entrate di cavi e di tubazioni negli edifici	319
25.3.8	Stesa e compattazione del terreno.....	319
25.4	Prestazioni accessorie, prestazioni particolari.....	319
25.4.1	Prestazioni accessorie.....	319
25.4.2	Prestazioni particolari	319
25.5	Contabilizzazione	320
25.6	Generalità.....	320
25.6.1	Per opere da contabilizzare a volume (m ³).....	320
25.6.2	Per opere da contabilizzare a lunghezza (m)	320
25.6.3	Per opere da contabilizzare a superficie (m ²)	320
25.6.4	Per opere da contabilizzare a massa (kg, t)	321
26	LAVORI DI DEMOLIZIONE E RIDUZIONE	322
26.1	Campo di applicazione	322

26.2	Materiali, elementi costruttivi	322
26.3	Esecuzione.....	322
26.3.1	Generalità.....	322
26.3.2	Preparazione dell'area di cantiere	323
26.3.3	Esecuzione.....	323
26.3.4	Trasporto e caricamento.....	324
26.3.5	Scostamenti ammissibili.....	324
26.4	Prestazioni accessorie, prestazioni particolari.....	325
26.4.1	Prestazioni accessorie.....	325
26.4.2	Prestazioni particolari	325
26.4.3	Contabilizzazione	326
26.4.4	Generalità.....	326
27	MURATURE E TAVOLATI.....	327
27.1	Definizione e scopo	327
27.2	Materiali e tipologie di murature.....	327
27.2.1	Malte	327
27.2.2	Muratura costituita da elementi resistenti artificiali.....	328
27.3	Modalità esecutive.....	329
27.3.1	Muratura di mattoni	329
27.3.2	Muratura portante.....	330
27.3.3	Tavolati.....	330
27.3.4	Pareti in tavelle prefabbricate vibro-compresse.	330
27.3.5	Pareti in mattoni laterizi.	330
27.3.6	Murature con paramenti faccia vista.....	331
27.3.7	Mattoni pieni.	331
27.4	Prove e collaudi.....	332
28	PANNELLI METALLICI SANDWICH	333
29	MASSETTI E SOTTOFONDI	341
29.1	DEFINIZIONE E SCOPO.....	341
29.2	MASSETTI ALLEGGERITI.....	341
29.2.1	Massetto alleggerito con perle di polistirene Tipo "isolcap"	341
29.2.2	Massetto alleggerito con argilla espansa.....	342

30	PAVIMENTI	343
30.1	DEFINIZIONE E SCOPO.....	343
30.2	TIPOLOGIE DI PAVIMENTI	343
30.2.1	Pavimenti industriali in cemento	343
30.2.1.1	Finitura	345
30.2.1.2	Giunti di costruzione	345
30.2.1.3	Giunti di isolamento.....	345
30.2.2	Gres porcellanato.....	346
30.2.3	Ceramica monocottura	347
30.3	MODALITÀ' ESECUTIVE	348
30.3.1	ESECUZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI	348
30.3.1.1	Requisiti della massicciata di sottofondo	348
30.3.1.2	Strato di scorrimento/barriera al vapore.....	348
30.3.1.3	Bleeding	349
30.3.1.4	Tempi di frattazzabilità	349
30.3.1.5	Temperatura del calcestruzzo.....	349
30.3.1.6	Documenti richiesti al confezionatore	350
30.3.1.7	Tipologia e dosaggio armatura diffusa con fibre	351
30.3.1.8	Armatura integrativa.....	351
30.3.1.9	Finitura superficiale	351
30.3.1.10	Giunti.....	351
30.3.1.11	Planarità e orizzontalità	351
30.3.1.12	Stagionatura protetta – fasi applicative	352
30.3.1.13	Fornitura del calcestruzzo a piè d'opera.....	352
30.3.1.14	Sequenza delle campiture di posa	353
30.3.1.15	Posa in opera del calcestruzzo	353
30.3.1.16	Applicazione dello strato di usura	353
30.3.1.17	Metodo a spolvero.....	353
30.3.1.18	Protezione e stagionatura.....	353
30.4	GIUNTI DI DILATAZIONE PER PAVIMENTI	354
30.4.1	GENERALITÀ	354
30.4.2	PAVIMENTI.....	354
30.4.3	PAVIMENTI SOPRAELEVATI.....	355

31	RIVESTIMENTI INTERNI E ESTERNI	356
31.1	INTONACI	356
31.2	RIVESTIMENTO ESTERNO IN LAMIERA STIRATA	357
32	RIVESTIMENTO INTERNO VASCHE DEL SERBATOIO.....	358
33	OPERE DI TINTEGGIATURA, VERNICIATURA E COLORITURA.....	360
33.1	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI E APPLICAZIONE DELLE PITTURE	361
33.1.1	IDROSABBIATURA	362
33.1.2	TEMPERA.....	362
33.1.3	TINTEGGIATURA LAVABILE.....	363
33.1.4	RESINE SINTETICHE	363
33.1.5	PRIMER AL SILICONE	364
33.1.6	CONVERTITORE DI RUGGINE.....	364
33.1.7	VERNICE ANTIRUGGINE	364
33.1.8	PITTURE MURALI CON RESINE PLASTICHE	364
33.1.9	RESINE EPOSSIDICHE.....	364
33.1.10	SMALTO OLEOSINTETICO	365
33.1.11	VERNICE SILOSSANICHE	365
34	IMPERMEABILIZZAZIONI	366
34.1	CAMPO DI APPLICAZIONE	366
34.2	MATERIALI, ELEMENTI COSTRUTTIVI	366
34.3	ESECUZIONE	367
34.3.1	Generalità.....	367
34.3.2	Impermeabilizzazione contro l'umidità risalente dal suolo e contro l'acqua di percolazione non ristagnante	369
34.3.3	Impermeabilizzazione in corrispondenza di giunti di dilatazione.....	369
34.3.4	Raccordi di impermeabilizzazione nella zona platea di fondazione/parete	369
34.3.5	Strati isolanti, strati di separazione, strati di protezione.....	369
34.4	Prestazioni accessorie e particolari.....	370
35	INFISSI	372
35.1	DEFINIZIONI.....	372
35.2	NORME DI RIFERIMENTO	372
35.3	CAMPIONI	373

35.4	MARCATURA CE	373
35.5	DOCUMENTAZIONE DA FORNIRE AL DIRETTORE DEI LAVORI	374
35.6	FORME. LUCI FISSE	374
35.7	PORTONI CON APERTURA A LIBRO	375
36	OPERE DA LATTONIERE	377
36.1	DEFINIZIONE E SCOPO	377
36.2	CANALI DI GRONDA	377
36.3	PLUVIALI	377
36.4	CONVERSE, COMPLUVI, SCOSSALINE, BANDINELLE	378
37	COPERTURE	379
37.1	COPERTURA VERDE PENSILE TIPO ESTENSIVO A Sedum	379
37.1.1	ELEMENTO DI TENUTA ANTIRADICE	379
37.1.2	ELEMENTO DI TENUTA ANTIRADICE – RISVOLTI VERTICALI	381
37.1.3	STRATO DI DRENAGGIO E STOCCAGGIO IDRICO	381
37.1.4	ELEMENTO DI FILTRO E STABILIZZAZIONE	382
37.1.5	SUBSTRATO DI COLTURA	383
37.1.6	FERTILIZZANTE DI COMPLETAMENTO	384
37.1.7	ELEMENTO DI ISPEZIONE	384
37.1.8	VEGETAZIONE DI BASE SEDUM - TALEA	385
37.1.9	PROTEZIONE MECCANICA E DRENAGGIO PERIMETRALE	385
37.1.10	IMPIANTO DI IRRIGAZIONE DI SOCCORSO	385
38	DISPOSITIVI ANTICADUTA	387
39	RECINZIONI E CANCELLI	389
39.1	RECINZIONI IN PANNELLI DI RETE	389
39.2	CANCELLO A DUE ANTE BATTENTI	389

1 REGOLE GENERALI PER LAVORI DI COSTRUZIONE DI QUALSIASI TIPOLOGIA

1.1 CAMPO D'APPLICAZIONE

Le presenti DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia" valgono per tutti i lavori di costruzione, anche per quelli, per i quali non siano state predisposte DTC particolari.

I riferimenti alle norme DIN, ÖNORM o altre norme estere sono da intendersi come definizione di "esecuzione a regola d'arte". Attestati di prova e certificati secondo le suddette norme possono anche essere costituite da documentazione equivalente, purché vengano rispettati i più aggiornati principi della "esecuzione a regola d'arte".

Nell'ottica di un permanente aggiornamento dei presenti capitolati valgono sempre, anche se qui non esplicitamente richiamate, le edizioni più recenti ed aggiornate dei riferimenti normativi considerati. Solo per i riferimenti normativi di buona tecnica con indicazione della data si considera unicamente ed espressamente l'edizione citata. Qualora le norme nazionali venissero sostituite da norme europee EN, valgono queste ultime, anche se non esplicitamente citate.

Per lavorazioni particolari per le quali non siano disponibili disposizioni normative specifiche, dovranno essere seguite le disposizioni contenute nelle schede tecniche del produttore, fatta salva comunque la rispondenza ai requisiti prestazionali richiesti.

Si intende parte integrante del presente documento tutta la legislazione applicabile vigente, emanata dagli Enti Locali, dallo Stato Italiano e dagli Organismi sovranazionali, le successive modificazioni e/o integrazioni ad essa, anche qualora non espressamente citate in questo Capitolato. Si intende quindi parte integrante del presente documento tutta la normativa tecnica applicabile vigente, nazionale ed internazionale, le successive modificazioni e/o integrazioni ad essa, redatte a cura degli Enti Unificatori preposti, anche qualora non espressamente citate in questo Capitolato. Si intendono inoltre parte integrante del presente documento tutte le specifiche tecniche, procedure e istruzioni operative aziendali vigenti, applicabili ed inserite nei documenti contrattuali.

Tutti i lavori interferenti con la circolazione stradale dei pedoni, dei veicoli e degli animali devono essere effettuati nel rispetto del "Codice della Strada" approvato con Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n.285 e successive modificazioni. Tutti i lavori interferenti con le ferrovie, le tranvie e le filovie extraurbane, le funicolari, le funivie e gli impianti similari e devono essere effettuati nel rispetto del Decreto Ministeriale 23 febbraio 1971 n. 2445, "DECRETO 4 aprile 2014 - Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

Tutti i lavori interferenti con il patrimonio culturale, i beni culturali ed i beni paesaggistici devono essere effettuati nel rispetto del Decreto Legislativo 22 aprile 2004 n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" e relativi provvedimenti legislativi correlati.

Tutti i lavori interferenti con il verde devono essere effettuati nel rispetto dei regolamenti comunali vigenti e nel rispetto delle ulteriori disposizioni esistenti in materia, anche su aree insistenti su proprietà private.

Tutti i lavori interferenti con aree di Demanio marittimo, portuale, fluviale e/o sottoposte a vincoli idrogeologico devono essere effettuati nel rispetto della specifica legislazione nazionale, delle Delibere Regionali, Provinciali e Comunali applicabili, dei Piani di Bacino e delle eventuali ulteriori prescrizioni vigenti.

Nello svolgimento delle sue attività l'Appaltatore deve rispettare altresì i contenuti del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 "Testo Unico in Materia di Sicurezza sui luoghi di Lavoro" e l'ulteriore legislazione vigente in materia di salute e sicurezza sui luoghi di lavoro nonché quella in materia di tutela e difesa dell'ambiente, di cui si fa riferimento nel Capitolato Ambiente e Sicurezza.

In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni specifiche delle DTC per le varie categorie di lavoro.

1.2 MATERIALI, ELEMENTI COSTRUTTIVI

1.2.1 Generalità

1. Le prestazioni comprendono la fornitura dei materiali ed elementi costruttivi occorrenti, con lo scarico ed il deposito in cantiere.
2. L'appaltatore deve tempestivamente chiedere al committente i materiali ed elementi costruttivi messi a disposizione dal committente stesso.
3. I materiali ed elementi costruttivi devono essere idonei al loro impiego e devono essere tra di loro compatibili.
4. Nell'ambito delle generali iniziative ecologiche si dovrà promuovere e sostenere l'impiego per tutti i lavori di materiali riciclati. Qualora siano disponibili materiali riciclati compatibili con le esigenze economiche e rispondenti ai requisiti delle vigenti direttive sul reimpiego di materiali di recupero, essi sono obbligatoriamente da preferire ai materiali di produzione primaria. I materiali riciclati usati devono essere prodotti in impianti regolarmente autorizzati secondo la normativa vigente in materia di gestione dei rifiuti e devono rispondere ai requisiti tecnici e prestazionali previsti dalla normativa vigente.

1.2.2 Messa a disposizione

I materiali ed elementi costruttivi che l'appaltatore deve solo mettere a disposizione e che quindi non faranno parte dell'opera, possono essere sia nuovi che usati a discrezione dell'appaltatore.

1.2.3 Fornitura

1. I materiali ed elementi costruttivi che devono essere forniti e messi in opera dall'appaltatore, e che quindi faranno parte dell'opera, devono essere nuovi e non usati. I materiali riciclati valgono come non usati, se sono conformi a quanto previsto al punto 1.2.1.3.
2. I materiali ed elementi costruttivi per i quali sono applicabili norme tecniche, devono essere conformi ad esse per qualità e per dimensione.

3. I materiali ed elementi costruttivi per i quali, secondo le norme, è richiesta l'omologazione devono essere omologati e conformi ai requisiti di omologazione.
4. I materiali ed elementi costruttivi per i quali nella disciplinare prestazionale non si faccia riferimento a particolari specifiche tecniche, possono essere utilizzati anche nel caso in cui siano conformi a norme, prescrizioni tecniche o ad altre disposizioni di Stati esteri, purché il grado di protezione richiesto per la sicurezza, la salute e la funzionalità venga garantito in maniera duratura.

Qualora per i materiali ed elementi costruttivi sia previsto in via generale l'obbligo di verifica, di marchiatura o venga richiesta la certificazione d'idoneità, ad es. mediante l'omologazione da parte dell'autorità di controllo, si può presupporre l'equivalenza solo qualora i materiali ed elementi costruttivi rechino un marchio di controllo o di verifica o qualora sia stata eseguita ed attestata la citata verifica di idoneità.

1.2.4 Marchio CE

Nel caso in cui i materiali da costruzione debbano garantire il rispetto di uno o più *requisiti essenziali* di cui all'allegato A del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, gli stessi dovranno essere dotati di marcatura **CE**. Tale marcatura (art. 3, D.P.R.) sarà indice di:

- conformità alle norme nazionali che recepiscono *norme armonizzate* (i cui estremi sono riportati nella GUCE e nella GURI) (64).;
- conformità, nel caso non esistano norme armonizzate, alle norme nazionali riconosciute dalla Commissione a beneficiare della presunzione di conformità;
- conformità al "*Benestare tecnico europeo*" di cui all'art. 5 del citato D.P.R.

L'*attestato di conformità* CE rilasciato da parte di un organismo riconosciuto o la *dichiarazione di conformità* rilasciata dal fabbricante o da un suo mandatario in rapporto alle procedure previste dall'art. 7 del D.P.R. n. 246/93, dovrà contenere gli elementi informativi particolarmente elencati all'art. 10 dello stesso decreto.

1.3 ESECUZIONE

1. Quando nell'ambito del cantiere si trovano aree aperte al traffico nonché impianti di alimentazione e di scarico, vanno osservate le norme ed ordinanze emesse dalle autorità competenti. Se non è possibile indicare l'esatta ubicazione di tali impianti, essa va individuata mediante indagini. Tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 1.4.2.1)
2. Le aree destinate al traffico vanno tenute libere da ostacoli. L'accesso alle strutture da parte delle aziende di approvvigionamento e di smaltimento, dei vigili del fuoco, delle poste e delle ferrovie, ai capisaldi per rilievi geometrici e simili non dovrà essere intralciato durante i lavori se non nella misura strettamente necessaria.

3. Il committente dovrà essere immediatamente informato del rinvenimento di sostanze nocive, ad es. nei terreni, nelle acque o negli elementi costruttivi. In caso di pericolo imminente, l'appaltatore deve prendere immediatamente idonee misure di sicurezza. Le ulteriori misure vanno stabilite di comune accordo. Le misure adottate e quelle ulteriori concordate costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 1.4.2.1).

1.4 PRESTAZIONI ACCESSORIE, PRESTAZIONI PARTICOLARI

1.4.1 Prestazioni accessorie

Sono prestazioni accessorie le prestazioni che rientrano tra gli obblighi contrattuali anche senza essere espressamente menzionate nel contratto e negli elaborati progettuali.

Prestazioni accessorie, se non espressamente oggetto di voci nell'elenco delle prestazioni e dei prezzi, si intendono sempre compensate in uno con le prestazioni a cui si riferiscono.

Prestazioni accessorie sono pertanto in particolare:

1. Allestimento e smobilizzo del cantiere, ivi comprese le attrezzature e simili.
2. Messa a disposizione dell'impianto di cantiere, ivi comprese le attrezzature e simili.
3. Le misurazioni effettuate per l'esecuzione e la contabilizzazione dei lavori, compresa la messa a disposizione degli strumenti di misura, dei capisaldi, dei picchetti, il mantenimento dei capisaldi, dei picchetti e simili durante l'esecuzione dell'opera e la messa a disposizione della manodopera.
4. Misure di protezione e di sicurezza ai sensi delle norme antinfortunistiche e delle disposizioni impartite dalle autorità competenti, eccezion fatta per le prestazioni di cui ai punti 1.4.2.4 e 1.4.2.5
5. Illuminazione, riscaldamento e pulizia dei locali di riposo e dei locali sanitari utilizzati dai dipendenti dell'appaltatore.
6. Distribuzione dell'acqua e dell'energia elettrica a partire dai punti di allacciamento.
7. Fornitura dei materiali di consumo.
8. Messa a disposizione delle attrezzature minute e degli attrezzi.
9. Trasporto in cantiere di tutti i materiali ed elementi costruttivi, anche se forniti dal committente, dai relativi depositi fino al cantiere ovvero dai luoghi di consegna indicati nella documentazione progettuale fino ai luoghi d'impiego, ed eventuale trasporto di ritorno.
10. Protezione delle opere contro le acque piovane normalmente prevedibili e convogliamento di esse qualora necessario.

11. Smaltimento di rifiuti dalle aree affidate all'appaltatore ed eliminazione dei rifiuti derivanti dai lavori dello stesso.

1.4.2 Prestazioni particolari

Sono prestazioni particolari quelle prestazioni che non sono considerate come accessorie ai sensi del punto 1.4.1; esse non fanno parte degli obblighi contrattuali se non sono espressamente menzionate negli elaborati progettuali. Prestazioni particolari sono per esempio:

1. Gli interventi di cui al punto 1.3.1 ed al punto 1.3.3
2. La sorveglianza delle prestazioni di altri imprenditori.
3. L'adempimento di compiti del Committente relativi alla progettazione ed all'esecuzione dell'opera.
4. Misure contro gli infortuni e di protezione della salute per il personale di altri imprenditori.
5. Particolari misure di protezione e di sicurezza per i lavori svolti in aree contaminate, per esempio sorveglianza mediante strumenti di misura, impiego di speciali attrezzature accessorie per macchine ed impianti, segregazione delle zone di lavoro.
6. Particolari misure di protezione contro danni causati da agenti atmosferici, da inondazioni e dall'acqua di falda, conseguenti ad eventi eccezionali.
7. Assicurazione della prestazione a favore del committente fino al collaudo o assicurazione di un rischio straordinario relativo alla responsabilità civile.
8. Verifiche particolari di materiali ed elementi costruttivi forniti dal committente.
9. Installazione, messa a disposizione, esercizio e rimozione di dispositivi situati all'esterno del cantiere e destinati alla deviazione e alla regolazione del traffico pubblico e di quello dei confinanti.
10. Predisposizione di parti dell'impianto cantiere per altre imprese o per il committente.
11. Misure particolari di protezione dell'ambiente, del paesaggio e dei beni culturali.
12. Smaltimento di rifiuti in misura eccedente a quanto prescritto al punto 4.1.11.
13. Protezioni particolari delle opere, eseguite qualora il committente richieda l'utilizzo anticipato.
14. Eliminazione di impedimenti ai lavori.
15. Misure accessorie per il proseguimento dei lavori in caso di gelo e neve, se non costituiscono oneri assunti dall'Appaltatore.

16. Misure particolari di protezione e messa in sicurezza di costruzioni e di terreni adiacenti esposti a rischio.
17. Protezione di condutture, cavi, drenaggi, canali, capisaldi, alberi, piante e simili.

1.5 CONTABILIZZAZIONE

Le prestazioni devono essere contabilizzate in base ai disegni di progetto, qualora le prestazioni eseguite corrispondano ai disegni. In mancanza di documentazione grafica, si procederà al rilievo mediante misurazione in sito.

2 PRESTAZIONI, OPERE E MATERIALI STRUTTURALI E GEOTECNICHE

2.1 DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE A CARICO DELL'APPALTATORE

L'Appaltatore è tenuto a fornire entro i termini previsti per quanto riguarda le forniture di materiali e manufatti prodotti da ditte terze:

- Una dichiarazione, rilasciata dal produttore di ogni tipo di materiale che, con chiaro riferimento alla fornitura oggetto dell'ordine, conferma la corrispondenza di detto materiale con la normativa vigente e con le presenti prescrizioni;
- Schede tecniche per ogni prodotto proposto con tutte le caratteristiche fisico – chimiche comprensive dei certificati di prova ove esistenti; tali schede entrano a far parte integrante delle presenti prescrizioni quando accettate dal Committente;
- I disegni costruttivi dei vari elementi, compresi quelli relativi agli elementi di impiego provvisorio nel montaggio, nonché i particolari ai quali devono uniformarsi le opere di altra natura interessate;
- Su semplice richiesta del Committente, un campione per ogni tipo di materiale impiegato nella fornitura in oggetto;
- Gli schemi di montaggio con l'indicazione dei metodi di installazione e di ancoraggio;
- Le prove di montaggio per quei nodi che, a giudizio del Committente, risultino di particolare complessità;
- Il progetto costruttivo delle strutture in acciaio. Tale progetto deve essere approvato dal Committente e dalla Direzione Lavori prima della produzione e del montaggio delle carpenterie.
- Il progetto costruttivo delle opere prefabbricate. È onere del produttore degli elementi prefabbricati, ottemperando a quanto previsto al capitolo 11.8 del D.M. 17.01.2018 e relativa Circolare Ministeriale, di fornire al Committente così come alla Direzione Lavori tutti gli elaborati grafici del progetto costruttivo e la documentazione tecnica inerenti gli elementi che viene a fornire. Questa deve essere firmata dal progettista, dal responsabile della produzione e dal responsabile dell'installazione in relazione alle rispettive competenze. E' necessario che tutta la documentazione costruttiva venga conclusa e presentata al progettista generale e alla DL prima dell'esecuzione delle fondazioni, in modo da confermare il progetto delle fondazioni e delle connessioni tra fondazioni e strutture prefabbricate. Eventuali modifiche delle strutture in c.a. gettato in opera sono a carico dell'Impresa Appaltante.

La documentazione da produrre sarà ritenuta valida agli effetti dell'ordine solo se espressamente approvata dal Committente e della Direzione Lavori.

Resta inteso che tale approvazione non esonera l'Appaltatore dalle responsabilità poste a suo carico dalle vigenti norme e dalle presenti prescrizioni tecniche.

2.2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Risultano validi tutti i riferimenti normativi riportati di seguito con tutte le eventuali successive modifiche, integrazioni e sostituzioni intervenute in materia sullo specifico argomento.

Strutture in cemento armato, cemento armato precompresso ed acciaio

- LEGGE 05.11.1971 nr. 1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- D.P.R. 06.06.2001 nr. 380 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- D.M. 17.01.2018 – Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018);
- C.S.LL.PP. Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21.01.2019.

La progettazione strutturale è stata elaborata nel pieno rispetto delle seguenti normative europee:

•	UNI EN 1990:2006 Eurocodice 0
	Criteri generali di progettazione strutturale;

- UNI EN 1991-1-1:2004 Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture

Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici;

- UNI EN 1992-1-1:2015 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;

- UNI EN 1992-1-2:2005 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio;

- UNI EN 1993-1-1:2014 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio

Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;

- UNI EN 1994-1-1:2005 Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaiocalcestruzzo

Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;

- UNI EN 1995-1-1:2014 Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno

Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici;

- UNI EN 1996-1-1:2006 Eurocodice 6 – Progettazione delle strutture di muratura

Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata;

- UNI EN 1997-1:2005 Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica

Parte 1: Regole generali;

- UNI EN 1998-1:2005 Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;

- UNI EN 1999-1-1:2007 Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture di alluminio

Parte 1-1: Regole strutturali generali;

- UNI EN206

- UNI 11104

- UNI 9156

- UNI 8981-3

- UNI 9606

Carichi

- D.M. 17.01.2018 – Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018);
- D.M. LL. PP. 03.12.1987 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

Costruzioni in zona sismica

- LEGGE 02.02.1974 nr. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 17.01.2018 – Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018).

Opere interrate e fondazioni

- D.M. 17.01.2018 – Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018);
- UNI EN 206-1 – Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI 11104 – Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della UNI EN 206-1;
- UNI 8981 - Norme sulla durabilità;

- Decreto Ministero dell'Interno 9 Marzo 2007 – Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

Strutture in calcestruzzo armato prefabbricato

- Legge 05.11.1971 n. 1086 – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica;
- D.M. 03.12.1987 – Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- D.M. 17.01.2018 – Norme tecniche per le costruzioni (NTC2018);
- C.S.LL.PP. Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21.01.2019;
- CNR 10018/85 "Apparecchi d'appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni. Istruzioni per il calcolo e l'impiego";
- CNR 10024/86 Analisi delle strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo;
- CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo;
- UNI 8981 Normativa per la durabilità;

Strutture in acciaio

- UNI EN 1090-2:2011 – "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio – Parte 2: Requisiti tecnici per strutture in acciaio"
- "National Structural Steelwork Specification for Building Construction", 5th edition, 2007 – SCIBCSA
- AISC 303-10 "Code of Standard Practice for Steel Building and Bridges"
- UNI EN 1990:2006 "Criteri generali di progettazione strutturale"
- UNI EN 1991-1-7:2006 "Azioni sulle strutture - Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali"
- CEN/TC 250/SC3 N 1721 - "CEN/TC 250 – CEN/TC 135 Liaison - Consistency of the equivalent geometric imperfections used in design and the tolerances for geometric imperfections used in execution", Febbraio 2010
- BCSA-SCI "Joints in Simple Construction – Volume 2: Practical Applications", 1992
- AIZ – Associazione Italiana Zincatura "Manuale di Buone Pratiche per la Zincatura a Caldo – Linee guida per progettisti e costruttori" (Testo reperibile on-line nel sito dell'AIZ: www.aiz.it)

Resistenza al fuoco

- D.M. 16.02.2007 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione;
- D.M. 09.03.2007 – Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco;
- UNI 9503:2007 – Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio.

3 STRUTTURE IN C.A. GETTATE IN OPERA

3.1 REQUISITI E PRESTAZIONI DEI MATERIALI

Acqua

L'acqua, la quale viene fornita dall'Appaltatore, deve avere i requisiti prescritti al capitolo 11 del D.M. 17.01.2018 ed essere conforme alla UNI EN 1008:2003 – Acqua d'impasto per il calcestruzzo. L'acqua da impiegare nel confezionamento del calcestruzzo deve essere pura, non contenere limi, argille, humus, acidi organici, alcali, sali, residui grassi, oleosi o zuccherini. Sono in ogni caso non tollerate acque di rifiuto in genere.

Si deve usare possibilmente acqua considerata potabile proveniente dall'acquedotto cittadino. L'acqua, a discrezione del Committente, in base al tipo di intervento od uso potrà essere trattata con speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto.

Devono essere effettuati preliminarmente test di conformità sulle caratteristiche delle acque impiegate, tali

test devono essere ripetuti a cadenza periodica concordata con il Committente durante l'esecuzione delle opere.

Cemento

Requisiti generali

Deve essere impiegato cemento Portland ordinario ottenuto per macinazione di clinker con aggiunta di gesso e anidride in conformità alla legge 26.5.1965 n. 595; non deve essere usato nessun altro tipo di cemento salvo diversamente ed esplicitamente indicato per lavorazioni particolari. Il cemento deve essere trasportato e stoccato in modo da prevenire ogni deterioramento in particolare dovuto all'umidità.

Nell'uso si deve usare possibilmente cemento proveniente dalla stessa partita. Il cemento deve essere accompagnato dai relativi certificati di produzione e prova in conformità a quanto prescritto dalla normativa vigente.

Il tipo di cemento deve essere idoneo al tipo di calcestruzzo e classe d'esposizione utilizzata. Il calcestruzzo avente classe d'esposizione XA1, XA2 e XA3 dovrà essere conforme alle normative UNI (UNI 206 – UNI 11104 - UNI 9156 – UNI 8981-3 – UNI 9609), nella definizione del mix design. Il mix design dei calcestruzzi con classe d'esposizione XA deve essere preventivamente approvato dalla DL e deve essere conforme alle normative vigenti e alla letteratura tecnica presente in materia.

Una possibile protezione nei confronti dell'azione chimica aggressiva (XA) è rappresentata dall'impiego di cementi pozzolanici e d'altoforno, o dall'impiego di fumo di silice in combinazione con cementi Portland o Portland compositi. Queste aggiunte minerali, infatti, grazie alla reazione pozzolanica, riducono, a pari volume di pasta cementizia, la percentuale di CH che può essere asportata dall'azione dilavante dei liquidi aggressivi.

Fornitura

I cementi e gli agglomeranti cementizi in polvere debbono essere forniti:

- in sacchi sigillati;
- in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione;
- alla rinfusa.

Se i leganti idraulici sono forniti in sacchi sigillati, essi dovranno essere del peso di 25kg chiusi con legame munito di sigillo. Il sigillo deve portare impresso in modo indelebile il nome della ditta fabbricante e del relativo stabilimento nonché la specie del legante.

Deve essere inoltre fissato al sacco, a mezzo del sigillo, un cartellino resistente sul quale saranno indicati con caratteri a stampa chiari e indelebili:

- la qualità del legante;
- lo stabilimento del produttore;
- la quantità d'acqua per la malta normale;
- le resistenze minime a trazione e a compressione dopo 28 giorni di stagionatura dei provini.

Se i leganti sono forniti in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione, le indicazioni di cui sopra debbono essere stampate a grandi caratteri sugli imballaggi stessi.

Se i leganti sono forniti alla rinfusa, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi.

Accertamento dei requisiti di accettazione dei cementi

Per l'accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi, degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche in polvere, le prove debbono essere eseguite su materiale proveniente da un campione originario di almeno 50 kg di legante prelevato da dieci sacchi per ogni partita di mille sacchi o frazione. In caso di contestazione sull'omogeneità del prodotto, saranno prelevati in contraddittorio, e per ogni mille sacchi, altri due sacchi, e sul campione prelevato da ciascuno di essi verranno ripetute le prove normali.

Qualora tutte le parti non siano presenti, la campionatura dovrà avvenire alla presenza di un notaio o di un ufficiale giudiziario.

Per le forniture di leganti alla rinfusa, la campionatura per le prove sarà effettuata all'atto della consegna, in contraddittorio fra le parti, mediante il prelievo di un campione medio in ragione di 10kg per ogni 50 tonnellate o frazione.

Il campione per le prove sulle calce idrauliche naturali in zolle deve essere di 50kg per ogni 10 tonnellate di calce, e deve essere preso con la pala da diversi punti del mucchio. 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 è preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

Strength class	Compressive strength MPa				Initial setting time min	Sound-ness (expan-sion) mm
	Early strength		Standard strength			
	2 days	7 days	28 days			
32,5 N	-	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	-				
42,5 N	≥ 10,0	-	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	-				
52,5 N	≥ 20,0	-	≥ 52,5	-	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	-				

Figura 1: Requisiti meccanici e fisici dei cementi (UNI EN 197-1)

1	2	3	4	5
Property	Test reference	Cement type	Strength class	Requirements ^a
Loss on ignition	EN 196-2	CEM I CEM III	all	≤ 5,0 %
Insoluble residue	EN 196-2 ^b	CEM I CEM III	all	≤ 5,0 %
Sulfate content (as SO ₃)	EN 196-2	CEM I CEM II ^c CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,5 %
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 4,0 %
		CEM III ^d	all	
Chloride content	EN 196-21	all ^e	all	≤ 0,10 % ^f
Pozzolanicity	EN 196-5	CEM IV	all	Satisfies the test
<p>a Requirements are given as percentage by mass of the final cement.</p> <p>b Determination of residue insoluble in hydrochloric acid and sodium carbonate.</p> <p>c Cement type CEM II/B-T may contain up to 4,5 % sulfate for all strength classes.</p> <p>d Cement type CEM III/C may contain up to 4,5 % sulfate.</p> <p>e Cement type CEM III may contain more than 0,10 % chloride but in that case the maximum chloride content shall be stated on the packaging and/or the delivery note.</p> <p>f For pre-stressing applications cements may be produced according to a lower requirement. If so, the value of 0,10 % shall be replaced by this lower value which shall be stated in the delivery note.</p>				

Figura 2: Requisiti meccanici e fisici dei cementi (UNI EN 197-1)

Property		Limit values for single results					
		Strength class					
		32,5N	32,5R	42,5N	42,5R	52,5N	52,5R
Early strength (MPa) lower limit value	2 day	-	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 day	14,0	-	-	-	-	-
Standard strength (MPa) lower limit value	28 day	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Initial setting time (min) lower limit value		60		50		40	
Soundness (expansion, mm) upper limit value		10					
Sulfate content (as % SO ₃) upper limit value	CEM I CEM II ^a CEM IV CEM V	4,0			4,5		
	CEM III/A CEM III/B	4,5					
	CEM III/C	5,0					
Chloride content (%) ^b upper limit value		0,10 ^c					
Pozzolanicity		positive at 15 days					
<p>a Cement type CEM II/B-T may contain up to 5,0 % SO₃ for all strength classes.</p> <p>b Cement type CEM III may contain more than 0,10 % chloride but in that case the maximum chloride content shall be declared.</p> <p>c For pre-stressing applications cements may be produced according to a lower requirement. If so, the value of 0,10 % shall be replaced by this lower value which shall be stated in the delivery note.</p>							

Figura 3: Requisiti meccanici e fisici dei cementi (UNI EN 197-1)

Gli agglomeranti dovranno pervenire da stabilimenti di produzione di pieno gradimento dal Committente. Anche se, in seguito ad esito favorevole delle prove, fosse già avvenuta l'accettazione di una partita di agglomerante, verranno rifiutate ed allontanate dal cantiere tutte le giacenze che non si presentino più allo stato di polvere completamente sciolta ma contengano grumi o parti avariate.

Cementi per getti massivi

Nella preparazione di calcestruzzo per la realizzazione di getti massivi viene previsto l'impiego di cemento a basso sviluppo di calore d'idratazione, sigla identificativa LH (Low Heat Hydration). Vengono normalmente impiegati cementi d'altoforno e pozzolanici, codici identificativi CEM III e CEM IV rispettivamente.

I cementi impiegati per i getti massivi devono consentire di contenere la differenza di temperatura tra il nucleo del getto e la superficie dello stesso ad un valore non superiore a 20°C.

Il calore d'idratazione deve essere non superiore a 220J/g.

Al fine di monitorare lo sviluppo del calore d'idratazione, viene previsto il collocamento di una serie di termocoppie per il rilevamento della temperatura all'interno del getto stesso.

Aggregati

Gli aggregati normali devono avere i requisiti richiesti dal D.M. 17.01.2018 e possedere marcatura CE. 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. Si dividono in inerti di cava ed inerti di frantumazione.

Gli inerti di cava debbono risultare bene assortiti in grossezza e costituiti di grani resistenti non provenienti da roccia decomposta e gessosa. Non devono provenire dalla frantumazione di rocce. La sabbia naturale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa.

Le sabbie da impiegarsi nel confezionamento dei conglomerati cementizi devono corrispondere alle caratteristiche granulometriche stabilite dal R.D. 16 novembre 1939, n. 229 e devono avere i requisiti richiesti dalle norme di riferimento.

Nelle sabbie per conglomerati è ammessa una percentuale massima del 10% di materiale trattenuto sul crivello 7,1 (**UNI 2334** - Crivelli di controllo e relativi fondi e coperchi - o sul setaccio 2, vedi **UNI 2332-1** - Vagli di controllo, stacci di controllo e relativi fondi e coperchi).

Gli inerti di frantumazione dovranno avere gli spigoli vivi, presentare una certa uniformità di dimensioni neivari sensi, non dovranno cioè essere di forma allungata o appiattita od avere più di una faccia arrotondata.

Dovranno provenire da rocce uniformi di struttura e composizione, resistenti e durevoli, prive di parti decomposte o comunque alterate. Sono da escludersi rocce marnose.

Aggiunte

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

Additivi

I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni di cui al

D.M. 17.01.2018 e relative circolari esplicative; in particolare l'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- dovranno essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non dovranno contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- dovranno interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo; in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti;
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti, fluidificanti-ritardanti, fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

Additivi acceleranti

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento; in caso di prodotti che non contengono cloruri tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso dovrà essere opportunamente diluito.

Il Committente si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle norme UNI vigenti;

- 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 **UNI EN 934-2**.

Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti sono da utilizzarsi per il trasporto del calcestruzzo in betoniera al fine di ritardarne l'indurimento.

Il Committente si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle norme UNI vigenti;
- 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 di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo. In generale per quanto non specificato si rimanda alla **UNI EN 934-2**.

Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione del Committente.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra 0,5 e 2% (ovvero come indicato dal fornitore) sul 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.

In generale per quanto non specificato si rimanda alle norme **UNI 7109**, **UNI 7120**. Il Committente si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle norme UNI vigenti;
- 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.
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 del Committente.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra 0,2 e 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) sul 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 **UNI EN 934-2**.

Il Committente si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- determinazione della consistenza dell'impasto effettuata con l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla **UNI 8020**;

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle norme UNI vigenti;
- prova di essudamento secondo la **UNI 7122**.

Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione del Committente. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 0,005 e 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

Il Committente si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- determinazione del contenuto d'aria secondo la **UNI 6395**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle norme UNI vigenti;
- prova di resistenza al gelo secondo la **UNI 7087**;
- prova di essudamento secondo la **UNI 7122**;

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura.
Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che indurito, previa autorizzazione del Committente. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra 7 e 10% (ovvero come indicato dal fornitore) sul peso del cemento.

In generale per quanto non specificato si rimanda alle norme UNI: **UNI 8146, UNI 8146 FA 125-83, UNI 8147, UNI 8147 FA 126-83, UNI 8148, UNI 8148 FA 127-83, UNI 8149, UNI 8149 FA 128-83**.

Il Committente si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle norme UNI vigenti;
- 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.

Calcestruzzo ad alta resistenza

Con la dicitura "ad alta resistenza" vengono definiti i calcestruzzi che devono presentare una resistenza caratteristica cubica non inferiore a 55MPa a 28 giorni di maturazione.

Per l'ottenimento delle caratteristiche meccaniche non devono essere impiegati aggregati porosi, evitando così un loro collasso prima che avvenga da parte della pasta cementizia. Per consentire una adeguata connessione tra questa e gli aggregati impiegati, questi ultimi devono essere presi con dimensioni ridotte.

Nella preparazione dell'impasto deve essere valutato l'impiego di additivi ed aggiunte quali super riduttori d'acqua e fumi di silice al fine di contenere il rapporto acqua/legante.

La stagionatura dei getti deve essere svolta mantenendo bagnata, per un periodo di almeno 7 giorni, la superficie a contatto con l'ambiente esterno al fine di prevenire fessurazioni da evaporazione corticale in fase di maturazione del getto.

Onere dell'Appaltatore è l'identificazione di uno o più fornitori per il calcestruzzo ad alta resistenza, i quali devono provvedere alla presentazione di prequalifica del proprio prodotto nel rispetto delle specifiche tecniche previste nel progetto strutturale. Tale documentazione deve contenere indicazione della resistenza caratteristica sviluppata secondo quanto previsto in fase progettuale, modulo elastico secante e classe di consistenza al momento della posa in opera. Tutte le prove e rilevazioni delle caratteristiche appena citate vanno svolte secondo la normativa vigente. La documentazione così presentata deve essere sottoposta ad approvazione da parte della Direzione Lavori.

Una volta definito il fornitore, l'Appaltatore deve sottoporre ad approvazione da parte del Committente, specifica tecnica contenente indicazioni della produzione, trasporto, posa in opera e quant'altro necessario per garantire il rispetto delle caratteristiche del calcestruzzo ad alta resistenza.

Elementi orizzontali e pavimenti industriali

Pavimento industriale con massetto di sottofondo in calcestruzzo, classe di resistenza minima C25/30, spessore medio 15cm, strato superficiale d'usura in aggregato di cemento e quarzo sferoidale, in ragione, di

4kg/m²; fornito e dato in opera su supporto portante, tirato in piano o in pendenza $\approx 1,5\%$, compresa la suddivisione del pavimento mediante giunti di dilatazione a quadri da ca. 4x4m, la formazione dei giunti di

dilatazione e la sigillatura dei giunti; esecuzione conforme al disegno del progettista esecutivo e finitura realizzata "a frattazzo meccanico". L'armatura necessaria secondo i calcoli non è compresa e sarà contabilizzata a parte (vedasi computo metrico).

Indipendentemente dall'eventuale pendenza prevista, la tolleranza sulla planarità della superficie a pavimento industriale è pari a ± 5 mm su 2 metri. Al fine di valutare la corretta esecuzione le letture della planarità devono essere svolte non oltre 72 ore dopo il getto ed a non meno di 50cm da eventuali pozzetti, spiccati in elevazione e giunti costruttivi.

La pavimentazione risulta accettata quando almeno il 90% delle misurazioni rispetti le suddette limitazioni e comunque il restante 10% delle letture non deve risultare individualmente superiore al valore di riferimento incrementato del 25%. La pendenza, dove prevista dal progettista, deve essere non inferiore a 15mm/m al fine di evitare ristagni d'acqua. Qualora la pavimentazione sia prevista piana, devono essere rispettate le seguenti tolleranze, la cui accettazione delle letture rispecchia quanto previsto per la planarità.

Distanza tra i punti di controllo	Tolleranza
≤ 10 m	± 15 mm
≤ 25 m	± 20 mm
≤ 50 m	± 25 mm
≤ 100 m	± 35 mm

Eventuali presenze di imbarcamento delle lastre, fessurazione degli spiccati in elevazione, sbrecciature dei giunti, così come microcavillature a ragnatela sono oggetto d'esame e vanno discusse con la Direzione Lavori.

Acciaio per cemento armato

Requisiti principali

Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato. Tipologie d'acciaio per cemento armato.

Le nuove norme tecniche per le costruzioni ammettono esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al paragrafo 11.3.1.2 delle NTC2018 e controllati con le modalità riportate nel paragrafo 11.3.2.11.

I tipi di acciai per cemento armato sono indicati nella figura seguente:

Tipi di acciaio previsti dal D.M. 17 gennaio 2018 (saldabili e ad aderenza migliorata)
B450C ($6\text{mm} \leq \varnothing \leq 40\text{mm}$)
B450A ($5\text{mm} \leq \varnothing \leq 10\text{mm}$)

Figura 4: Tipi di acciai per cemento armato

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:

- $f_{y\text{ nom}}$: 450 N/mm²

- $f_{t\text{ nom}}$: 540 N/mm²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente figura

Caratteristiche	Requisiti	Frattile [%]
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y\ nom}$	5,0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t\ nom}$	5,0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$	10,0
$(f_y/f_{y\ nom})_k$	$\leq 1,25$	10,0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10,0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:	-	-
$\varnothing < 12\text{mm}$	4 \varnothing	-
$12 \leq \varnothing \leq 16\text{mm}$	5 \varnothing	-
per $16 < \varnothing \leq 25\text{mm}$	8 \varnothing	-
per $25 < \varnothing \leq 40\text{mm}$	10 \varnothing	-

Figura 5: Acciaio per cemento armato laminato a caldo B450C

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 seguente figura.

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

Figura 6: Acciaio per cemento armato trafilato a freddo B450A

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 della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85kg/dm³. I diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A, in barre e in rotoli, sono riportati nelle seguenti figure:

Acciaio in barre	Diametro Ø[mm]
B450C	$6 \leq \varnothing \leq 40$
B450A	$5 \leq \varnothing \leq 10$

Figura 7: Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in barre

Acciaio in rotoli	Diametro Ø[mm]
B450C	$6 \leq \varnothing \leq 16$
B450A	$5 \leq \varnothing \leq 10$

Figura 8: Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in rotoli

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 Ø come riportato nella seguente figura.

Acciaio tipo	Diametro Ø degli elementi base
B450C	$6\text{mm} \leq \varnothing \leq 16\text{mm}$
B450A	$5\text{mm} \leq \varnothing \leq 10\text{mm}$

Figura 9: Diametro Ø degli elementi base per le reti e i tralicci in acciaio B450C e B450A

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti le reti e i tralicci deve essere: $\varnothing_{\min}/\varnothing_{\max} \geq 0,6$. I nodi delle reti devono resistere ad 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 450N/mm². 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 dal 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 saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito, deve soddisfare le limitazioni riportate nella seguente figura, 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.

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	0,014	0,012
Carbonio equivalente	C_{eq}	0,52	0,50

Figura 10: Massimo contenuto di elementi chimici in percentuale (%)

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.

3.2 ESECUZIONE

3.2.1 Prescrizioni generali

Calcestruzzo

Miscelazione

La miscelazione dei componenti del calcestruzzo deve avvenire in un impianto di betonaggio con centrale di dosaggio e betoniera di mescolamento; è consentito l'uso di autobetoniera.

Il cemento deve essere immagazzinato in silos e deve essere misurato a peso; gli inerti devono essere misurati a peso; le pesate di cemento ed inerti devono essere fatte separatamente; l'acqua deve essere dosata con misuratore volumetrico a quadrante.

I materiali devono essere introdotti nella mescolatrice nel seguente ordine: ghiaia, sabbia, cemento e acqua.

Impasti di calcestruzzo

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato. Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati, il rapporto acqua-cemento, e pertanto il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto

L'Appaltatore, nella scelta delle miscele di calcestruzzo da impiegare, deve tenere in considerazione la quota rispetto alla zona di stazionamento della pompa a cui è prevista l'esecuzione di ogni lavorazione al fine di garantire il rispetto dei requisiti di lavorabilità definiti.

Gli impasti destinati alle varie opere devono avere una resistenza equivalente o superiore a quella indicata in progetto. In casi particolari, p.e. per la realizzazione di strutture in c.a. impermeabile, non saranno accettate sovreresistenze maggiori al 5% a 28gg e 10% a 90gg.

Classe del calcestruzzo

Il calcestruzzo indurito è classificato in base alla resistenza a compressione, espressa come resistenza caratteristica R_{ck} oppure f_{ck} . La resistenza cubica caratteristica R_{ck} viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28gg su cubi di 150mm di lato; la resistenza cilindrica caratteristica f_{ck} , viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28gg su cilindri di 150mm

di diametro e 300mm di altezza; i valori, espressi in N/mm^2 , risultano compresi in uno dei seguenti campi:

- calcestruzzo non strutturale: C8/10 - C12/15
- calcestruzzo ordinario: C16/20 - C45/55
- calcestruzzo ad alte prestazioni: C50/60 - C60/75
- calcestruzzo ad alta resistenza: C70/85 - C100/115

Classe di esposizione

La durabilità del calcestruzzo in relazione alle caratteristiche dell'ambiente viene definita con i criteri della UNI EN 206 attraverso l'introduzione delle classi d'esposizione. La UNI 11104 stabilisce inoltre per ciascuna classe il massimo rapporto a/c, la minima classe di resistenza, il minimo contenuto di cemento ed altri requisiti.

Questi criteri sono comuni a tutte le normative riguardanti la durabilità: all'aumentare della intensità dell'attacco si aumenta il contenuto minimo di cemento, si riduce il rapporto a/c, si aumenta lo spessore del copriferro. Pertanto, tenuto conto che il controllo di qualità del calcestruzzo è basato sulla resistenza caratteristica a compressione, la durabilità è tanto più alta quanto maggiore è la resistenza caratteristica.

Prove sul calcestruzzo

Devono essere prelevati campioni di calcestruzzo delle dimensioni e del numero imposto dalla normativa vigente e sottoposti a prova per stabilirne la resistenza meccanica; i risultati delle prove devono tempestivamente essere comunicati al Committente che propone se necessario le opportune modifiche al dosaggio dei componenti.

Trasporto del calcestruzzo

Il trasporto del calcestruzzo dalla centrale di betonaggio al sito di posa in opera deve avvenire celermente e in modo da non provocare la segregazione dei componenti.

Dovranno pertanto essere evitati movimenti eccessivi o urti; se si ricorre all'uso di calcestruzzo prodotto altrove e trasportato con autobetoniera, il tempo tra la produzione e la posa in opera non deve superare i 40 minuti.

Il tempo di trasporto deve sempre essere indicato sul documento di consegna.

Posa in opera del calcestruzzo

Il calcestruzzo deve essere gettato su superfici opportunamente preparate a riceverlo; qualora le casserature siano preparate ben prima del getto, si dovrà verificare che esse non siano sporche e non contengano pietre, sfridi o altro.

Il calcestruzzo deve essere gettato con cura per evitare la segregazione degli inerti; lo scarico deve avvenire sempre in posizione verticale e l'altezza di caduta deve essere la minore possibile e possibilmente non superiore a 1,5m; nella caduta l'impasto non deve urtare contro ostacoli e non deve nemmeno essere gettato contro casseforme non di fondo.

Quando si eseguono getti di una certa altezza, come pilastri e muri, l'impasto deve essere trattenuto con tubi o altro che lo guidino fino al punto di getto; inoltre bisogna evitare la formazione di nidi di ghiaia. Durante il getto bisogna controllare che le armature siano perfettamente circondate dal calcestruzzo e che non si formino cavità o vuoti, soprattutto nel caso di armature fitte. Le riprese dei getti devono essere fatte nelle zone indicate dal Committente le quali devono essere concordate e riportate su tavole di riferimento.

L'Appaltatore deve studiare il piano dei getti in modo da iniziare e terminare i medesimi nelle zone di ripresa di getto concordate, tenendo conto delle pause di cantiere, delle sospensioni notturne e di fine settimana.

Qualora per eventi imprevisti i punti di ripresa di getto non possano essere rispettati devono esserne tempestivamente informati il Direttore dei Lavori e il Committente che suggeriscono gli opportuni accorgimenti.

Il getto del calcestruzzo deve essere interrotto in caso di avversità atmosferiche; il calcestruzzo danneggiato dalla pioggia deve essere asportato e sostituito a spese dell'Appaltatore; qualora si getti contro terra, senza casseratura, o in scavi in profondità, bisognerà accertarsi dell'assenza di acqua sorgiva o filtrante sia in condizioni normali sia di piogge improvvise.

Rimedi a questo eventuale problema devono essere sottoposti al Committente.

Il calcestruzzo deve essere gettato in strati uniformi di spessore non superiore ai 30÷40cm; il getto successivo deve essere effettuato nei tempi più brevi possibili; le lastre di solaio sono gettate in un unico getto per l'intero spessore, come pure le travi.

L'uso di scivoli, canali, tramogge o di altri attrezzi per la posa del calcestruzzo deve essere approvato dal Committente.

L'uso di dispositivi di pompaggio dovrà, anch'esso, essere approvato dal Committente.

Quando il getto deve essere eseguito su superfici inclinate, esso dovrà essere effettuato dal basso verso l'alto posando il calcestruzzo senza generare scosse ai casseri, facendolo scorrere nella sua posizione definitiva mediante una breve vibratura. Qualora, a giudizio della Direzione Lavori, la pendenza della struttura e/o dello spessore dello strato lo richiedano, dovrà essere disposta una casseratura coprente i vari strati gettati e costipati, così da evitare che il calcestruzzo, scivolando verso il basso, modifichi la forma stabilita.

Qualora il grado di armatura fosse troppo elevato per garantire una accurata posa del calcestruzzo, a

giudizio della Direzione Lavori potrà essere aumentata la classe di consistenza del calcestruzzo.

Lisciatura al quarzo

La realizzazione di finitura al quarzo è volta all'ottenimento di uno strato atto a migliorare le caratteristiche superficiali del getto in calcestruzzo, ovvero la durezza dell'estradosso di platee e/o solai. Il materiale indurente (tipicamente quarzo o quarzo e corindone) può essere applicato con metodologia "a spolvero" o "a pastina", dove, nel primo, viene applicato alla superficie finita del getto con sistema "a semina". Nel secondo caso, il getto di calcestruzzo armato viene interrotto ad una quota di riferimento inferiore rispetto a quella di progetto per una differenza pari a 5 ± 10 mm su cui poi viene applicato fresco su fresco un impasto di cemento, acqua e materiale indurente fino al raggiungimento della quota di progetto prevista. Per quanto concerne la planarità delle superfici lisciate al quarzo si rimanda alla voce pavimentazioni industriali.

Temperatura

La temperatura atmosferica al momento dei getti non deve in ogni caso essere superiore ai 35°C ed inferiore ai 5°C. Qualora tuttavia sia indispensabile gettare il calcestruzzo in condizioni di temperatura non comprese in detto intervallo, si ricorre a tecniche di additivazione da sottoporre all'approvazione del Committente.

Vibrazione del calcestruzzo

Tutti i getti di calcestruzzo devono essere vibrati per ottenere la massima densità in ogni zona, usando vibratorii interni ad ago che sviluppino non meno di 10000 cicli per minuto.

Bisogna evitare che i vibratorii tocchino le barre di armatura.

L'operazione di vibratura è effettuata da personale specializzato, il quale deve calare il vibratore in posizione verticale e spostarlo da punto a punto per una distanza di circa 50cm.

Bisogna porre attenzione a vibrare i nuovi getti in modo da non danneggiare quelli già vibrati, come pure non si devono vibrare troppo a lungo i calcestruzzi.

I tempi dell'operazione devono essere sottoposti all'approvazione del Committente in relazione alla consistenza dell'impasto.

Riprese di getto (giunti di lavoro)

Le riprese di getto devono essere realizzate nelle zone concordate con il Committente. Le riprese sono precedute da un ravvivamento della superficie del getto già eseguito, seguito da una accurata pulizia della superficie ravvivata che deve infine essere irrorata con acqua.

Le riprese di getto sono marcate con risalti o gole.

Cura dei getti

Il calcestruzzo gettato deve essere protetto per almeno 7 giorni dagli effetti atmosferici ed in particolare dalla pioggia violenta, dal vento e dall'intensa radiazione solare; il calcestruzzo deve essere riparato con opportuni mezzi e nella stagione calda deve essere mantenuto umido. L'uso di pellicole protettive a base di paraffina o resine spruzzate deve essere sottoposto all'approvazione del Committente.

Le fessurazioni superficiali dovute al calore generato dal calcestruzzo stesso in fase di maturazione devono essere controllate mediante il mantenimento di una differenza di temperatura tra il centro del getto e la sua superficie intorno ai 20°C.

È necessario sottoporre per approvazione alla Direzione Lavori Strutture le procedure che si intendono adottare per la cura dei getti dei singoli elementi strutturali, nelle varie condizioni atmosferiche.

Casseforme

Le casseforme sono scelte in modo da garantire una superficie di getto in accordo con le prescrizioni di finitura; tutte le casseforme devono essere realizzate in modo da evitare ogni fuoriuscita di calcestruzzo durante il getto; devono essere in piano, perfettamente a piombo, rispettare compiutamente le forme di getto da realizzare ed essere sufficientemente solide da non deformarsi e da resistere alle pressioni statiche e dinamiche durante i getti.

Devono poter essere rimosse facilmente; se legate tra loro da armature metalliche che attraversano i getti, tali armature non devono lasciar traccia della loro presenza a disarmo avvenuto.

Le casseforme per calcestruzzi a vista o richiedenti un particolare aspetto di finitura devono essere ottenute da tavole nuove piallate e cosparse di liquidi per facilitare il disarmo; la disposizione delle casseforme deve essere sottoposta alle disposizioni del Committente.

I casseri vengono classificati, per la struttura delle superficie del getto finito, come segue:
S1 per superfici non in vista: tavole non piallate di legno a spigoli non paralleli, elementi in legno compensato od in acciaio con superficie non perfettamente piana e liscia, a scelta dell'Appaltatore. I giunti tra i singoli elementi non devono essere a perfetta tenuta. Sono accettate leggere fuoriuscite di boiaccia e sbavature (protuberanze).

S2 come S1, ma con giunti a tenuta. Non sono accettate sbavature (protuberanze).

S3 Per superfici faccia a vista: tavole piallate di legno a spigoli paralleli, elementi in legno compensato od in acciaio in perfetto stato di conservazione, a scelta dell'Appaltatore. I giunti tra i singoli elementi devono essere a perfetta tenuta. Non sono accettate fuoriuscite di boiaccia e sbavature. Superficie del conglomerato perfettamente liscia e piana, anche nei giunti tra i singoli elementi.

S4a Come S3, ma esclusivamente con tavole piallate di legno.

S4b Come S3, ma esclusivamente con elementi lisci di legno compensato.

S4c Come S3, ma esclusivamente con elementi lisci in acciaio.

S5 Come S3, ma con materiale prescritto e superficie strutturata in modo particolare, che viene prescritta di volta in volta.

Per facilitare il disarmo, la superficie delle casseforme potrà essere convenientemente trattata con prodotti opportuni, i quali non dovranno condizionare la riuscita del getto. In particolare, questi prodotti non dovranno combinarsi con gli impasti a giudicarne la presa. Essi dovranno resistere ad elevate sollecitazioni di spinta, consentire il facile distacco dei casseri lasciando le superfici uniformi e gli spigoli perfetti. Non dovranno lasciare macchie sulla superficie delle strutture finite e non dovranno essere incompatibili con eventuali successive finiture (es. intonaci o verniciature) cui tali superfici sono destinate. Saranno comunque impiegati secondo le prescrizioni e modalità indicate dalla ditta fabbricante.

Disarmo

I termini di disarmo sono stabiliti dalle norme relative al cemento armato che indicano i termini minimi al di sotto dei quali il disarmo non si deve effettuare ed a cui si rimanda.

Prima del disarmo è necessario accertarsi che il calcestruzzo abbia raggiunto un indurimento tale da garantire la resistenza necessaria alle sollecitazioni a cui è sottoposto: questo può essere fatto con l'uso di sclerometri.

Le casserature devono essere rimosse senza apportare danno ai calcestruzzi.

Elementi faccia a vista

Nella realizzazione di elementi faccia a vista, oltre alle prescrizioni generali sopra riportate, vanno rispettate, qualora maggiormente restrittive, le seguenti limitazioni.

In relazione a quanto previsto dalla "DBV: Merkblatt Sichtbeton Fassung 2004" viene prescritta una classe superficiale per elementi faccia a vista pari a SB3. Nello specifico viene richiesta una finitura esterna compatta ed uniforme consentendo una fuoriuscita di boiaccia dalle zone di congiunzione tra casseri avente al massimo una larghezza di 3mm per una profondità non superiore a 3mm, la quale va successivamente rimossa. Viene ammessa una variazione nella planarità rivelata in punti distanti tra loro 4m pari a non oltre 10mm. A livello di resa cromatica sono consentite zone più scure se ampie ed uniformi,

mentre non è accettabile la presenza di macchie di ruggine e sporcizia, così come la presenza di sostanze di origine diversa, ad esempio olii, fuliggine, quando anche funghi o alghe. Per quanto concerne il tipo di cassaforma impiegata, si richiede l'uso di casseri con finitura fenolica, da lavare e preparare con disarmante prima del getto.

Non è in alcun caso concesso l'impiego di casseforme che presentino danneggiamenti sulla superficie interna causati da vibrator ad immersione, residui di calcestruzzo da getti precedenti od ancora rigonfiamenti della superficie interna dovuta ad infissione di chiodi o viti.

Il calcestruzzo da impiegarsi nella realizzazione degli elementi strutturali faccia a vista deve essere confezionato rispettando le seguenti limitazioni:

- Cemento tipo: CEM III-A 32,5 per pareti; CEM III-A 42,5 per pilastri e solai
- Calcestruzzo a prestazione garantita secondo UNI EN 206-1
- Classe d'esposizione ambientale: XC4
- Rapporto $a/c < 0,50$. La variazione da tale valore non deve essere maggiore di $\pm 0,03$
- Classe di resistenza minima: C32/40
- Contenuto di cemento minimo: 350 kg/m^3
- Contenuto di cemento e materiale fine passante a $0,125$ maggiore di 400 kg/m^3
- Diametro massimo aggregato 22mm
- Aggregati resistenti al gelo/disgelo di tipo calcareo
- Classe di contenuto dei cloruri nel calcestruzzo: Cl 0,2
- Classe di consistenza: S4/S5

La finitura superficiale dell'elemento faccia a vista, quando non diversamente prevista, viene garantita dal cassero stesso, il quale deve presentare elementi tra loro omogenei per evitare la variazione locale della superficie rispetto a quella generale della struttura. Nella conformazione degli angoli delle pareti va posto sulla linea di congiunzione tra casseri differenti, un nastro in gomma, il quale consente un più agevole disarmo riducendo il rischio di danneggiamento dell'angolo stesso dell'elemento. Se si dovesse presentare una imperfezione non accettabile negli angoli, il ripristino andrà eseguito tramite accurata rasatura con materiale preventivamente approvato dalla Direzione Lavori, entro e non oltre due giorni dal disarmo così da migliorare la resa estetica e l'adesione tra i diversi materiali. Qualora richiesto dalla Direzione Lavori, le riprese di getto possono essere delineate con gole di profondità non superiore a $2\div 3 \text{ cm}$. I distanziatori impiegati devono essere realizzati in plastica o cemento conformandosi il più possibile con il risultato previsto. Le zone terminali devono garantire che non vi sia passaggio di boiacca tra essi e la cassatura così da evitare zone di superficie alterata sull'elemento finale. A tal fine può essere prevista la posa di nastro in gomma così come operato per la realizzazione di angoli negli elementi come sopra

riportato.

Il supporto delle casseforme impiegate nella realizzazione di elementi faccia a vista, così come i pannelli stessi, devono consentire l'ottenimento di una superficie di sostegno rigida e priva di dentellature. Non devono essere possibili cedimenti differenziali significativi, i quali possono portare alla formazione di aree presentanti irregolarità superficiali. I pannelli di casseratura in legno dovranno essere con finitura fenolica. In caso di danneggiamento degli elementi di casseratura impiegati per i getti faccia a vista, la loro riparazione per un successivo impiego o la loro sostituzione va concordata con la Direzione Lavori, la quale valuta l'influenza di tale operazione sull'esito finale. Ove non diversamente specificato la finitura superficiale deve risultare liscia e priva di elementi identificanti le zone di giunzione tra gli elementi di casseratura.

Gli aggregati impiegati per il getto devono provenire dalla medesima cava e presentare granulometria e composizione costante per tutti gli elementi, così da prevenire possibili variazioni d'aspetto della superficie risultante al termine delle lavorazioni. A tal riguardo anche il cemento impiegato deve rimanere della stessa tipologia provenendo da fonte unica. Tali parametri, così come una loro possibile variazione, vanno concordati con la Direzione Lavori. A carico dell'Appaltatore la garanzia di una fornitura adeguata all'intera durata dei lavori.

Per tutte le superfici faccia a vista viene impiegato, in conformità alle indicazioni del fornitore, un unico disarmante, preventivamente approvato dalla Direzione Lavori, il quale non deve lasciare macchie sulla superficie del calcestruzzo. Viene applicato uniformemente sui casseri puliti poco prima dell'esecuzione del getto in programma da qualsiasi residuo dovuto a precedente impiego. Le casseforme vanno protette da pioggia, polvere o altro possibile fattore che possa alterare il risultato voluto, così come, nelle fasi preliminari, va evitato il depositarsi di schizzi di malta sulla superficie prima dell'effettuazione del getto stesso. Una volta terminata l'impiego, il disarmante va conservato secondo le indicazioni del fornitore.

Particolare attenzione va posta alla stagionatura dei getti faccia a vista, nello specifico verificando che l'essiccamento si sviluppi in modo lento ed uniforme ed evitando la formazione di efflorescenze. Nel caso queste vengano a presentarsi, l'Appaltatore si assume l'onere di una loro tempestiva rimozione tramite spazzolatura senza far ricorso a sostanze acide, mediante levigatrice a movimento alternato e non rotante, con carta smeriglio per superfici in ferro.

Per le superfici previste faccia a vista il Direttore dei lavori, tenendo in considerazione i risultati di eventuali prove eseguite su provini ed in base alla variazione della temperatura superficiale del calcestruzzo, può prevedere un tempo minimo di permanenza del getto nei casseri prima del disarmo. A disarmo avvenuto va verificata la presenza di possibili nidi di ghiaia, fessure, scolorimenti, alveoli od altre imperfezioni, le quali possono essere ragione di contestazione in funzione della loro rilevanza sull'elemento. Va successivamente posto in opera sistema di protezione della superficie faccia a vista per l'intero periodo delle lavorazioni che possono causarne danneggiamenti. Eventuali danni vanno risanati da parte dell'Appaltatore tramite procedure comprovate dalla Direzione Lavori.

In particolare, devono essere protetti i getti in verticale prima del getto dei solai, in modo da escludere dilavamenti a causa di precipitazioni meteoriche.

Armature

Tutte le barre di armatura per le strutture in calcestruzzo armato di fondazione ed in elevazione, verticali ed orizzontali, sono del tipo B450C ad aderenza migliorata e controllate in stabilimento, ed hanno le caratteristiche imposte dalla normativa vigente.

Posa in opera delle armature

Lo strato di calcestruzzo a copertura delle armature non deve avere spessore nominale inferiore ai 5mm. Si devono mettere in opera distanziatori ed ogni supporto necessario per mantenere le armature nelle corrette posizioni; gli elementi distanziatori sono di materiale durevole, compatibile con l'acciaio, e non devono causare rotture nello strato di ricoprimento di calcestruzzo.

Quando la posa dell'armatura è terminata, il Direttore dei Lavori deve essere avvisato per operare un controllo sulla esatta disposizione ed entità prima del getto del calcestruzzo.

L'inizio dei getti è sempre soggetto all'autorizzazione del Direttore dei Lavori.

Le armature devono essere poste in opera in stretta conformità con le tavole di disegno esecutivo; ogni modifica del diametro o della lunghezza o del posizionamento delle barre deve essere sottoposta ad approvazione del Committente. È cura dell'Appaltatore di approvvigionare tempestivamente le armature nelle quantità necessarie per evitare ogni sospensione o interruzione di lavorazione.

Superficie delle armature

Le superfici delle armature non devono essere sporche di fango, olio, pittura, ruggine staccata, incrostazioni, scorie, grassi e di ogni altra sostanza che possa ostacolare la presa del calcestruzzo.

3.2.2 Prove sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite nel documento della qualità.

Prova sui materiali e sul conglomerato cementizio fresco

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio, rispetto a quanto previsto dalla normativa vigente o prescritto nelle normative tecniche da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare in corso di lavorazione sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria, il rapporto acqua/cemento e l'acqua essudata (bleeding).

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di ABRAMS (slump), come disposto dalla Norma UNI EN 12350-2:2009.

Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi tra 2 e 25 cm.

Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la Norma UNI EN 12350-5:2009 o con l'apparecchio VEBE secondo la Norma UNI EN 12350-3:2009.

La prova di omogeneità verrà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm. La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%.

Inoltre lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm. La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante e comunque dovrà essere effettuata almeno una volta per ogni giorno di getto.

Essa verrà eseguita secondo la Norma UNI EN12350-7:2009.

Il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 6393/88, almeno una volta per ogni giorno di getto.

In fase di indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

Sul conglomerato cementizio indurito la Direzione Lavori potrà disporre la effettuazione di prove e controlli mediante prelievo di carote e/o altri sistemi anche non distruttivi quali ultrasuoni, misure di resistività, misure di pull out con tasselli Fischer, contenuto d'aria da aerante, ecc.

Controllo di accettazione

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tab. 11.2.I seguente:

Tab. 11.2.1

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_{cm,25} \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_{cm,25} \geq R_{ck} + 1,48 s$ (N° prelievi ≥ 15)
Ove: $R_{cm,25}$ = resistenza media dei prelievi (N/mm ²); $R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm ²); s = scarto quadratico medio	

CONTROLLO DI TIPO A

Ogni controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m3 ed è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m3 di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m3 massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 m3 di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

CONTROLLO DI TIPO B

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m3 di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B).

Il controllo è riferito ad una miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m3 di calcestruzzo. Ogni controllo di accettazione di tipo B è costituito da almeno 15 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su 100 m3 di getto di miscela omogenea. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo la legge di distribuzione più corretta e il suo valor medio, unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3. Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s/R_m) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.7 (NTC2018).

Infine, la resistenza caratteristica R_{ck} di progetto dovrà essere minore del valore sperimentale corrispondente al frattile inferiore 5% delle resistenze di prelievo e la resistenza minima di prelievo $R_{c,min}$ dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

Il laboratorio incaricato di effettuare le prove sul calcestruzzo provvede all'accettazione dei campioni accompagnati dalla lettera di richiesta sottoscritta dal direttore dei lavori. Il laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove. I laboratori devono con-servare i campioni sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità.

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.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009 nelle tempistiche come indicato sotto. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

Strutture ordinarie

Le prove a compressione vanno eseguite tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo.

3.2.3 Tolleranze

Salvo diverse indicazioni dei disegni sono ammesse le seguenti tolleranze.

Opere in calcestruzzo	
Fondazioni: plinti; platee ecc.	
Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto	±30mm
Quota altimetrica estradosso	+20mm / -10mm
Dimensioni in pianta	+50mm / -30mm
Spessore elemento	+20mm / -5mm
Strutture in elevazione: pilastri; muri; ecc.	
Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto e degli allineamenti di progetto	±20mm
Quota altimetrica sommità	±15mm
Dimensioni in pianta (spessore, lunghezza, larghezza)	+20mm / -5mm
Verticalità per H ≤ 600 cm	±20mm
Verticalità per H > 600 cm	±H/300
*H = altezza interpiano	
Solette e solettoni per impalcati, solai in generale	
Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto e degli allineamenti di progetto	±20mm
Quota altimetrica estradosso	±15mm
Dimensioni in pianta (lunghezza, larghezza)	+20mm / -5mm
Spessore	+20mm / -5mm
Travi	
Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto e degli allineamenti di progetto	±20mm
Quota altimetrica estradosso	±15mm
Dimensioni in pianta (lunghezza, larghezza)	+20mm / -5mm
Spessore (altezza)	+20mm / -5mm

SI prescrive per le opere gettate in opera un controllo della qualità in cantiere da parte della DL, che comprenda anche il controllo dei copriferri.

Opere in calcestruzzo	
Limite planarità elementi e strutture orizzontali	
Non planarità elementi orizzontali non lisciati al finito:	
Valori massimi consentiti su 3 mt	±10mm
Valori massimi consentiti su 20 mt	±15mm
Valori massimi consentiti su oltre 20 mt	±20mm
Non planarità elementi orizzontali al finito:	
Valori massimi consentiti su 3 mt	±3mm
Valori massimi consentiti su 20 mt	±6mm
Valori massimi consentiti su oltre 20 mt	±9mm
Vani, cassette, inserterie	
Posizionamento e dimensione vani e cassette	±15mm
Posizionamenti inserti (piastre boccole)	±10mm
Posizionamenti inserti per macchinari ad alta precisione	±3mm

Per quanto non esplicitato fa fede la EN 13670 e la DIN 18202; sono da considerare i valori più restrittivi fra le due. In caso di scostamenti dimensionali negativi, questi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti nel progetto strutturale.

3.2.4 Definizione planarità

La planarità è lo stato di una superficie piana che non presenta irregolarità, sia convesse che concave. La planarità è indipendente dalla pendenza e dall'orizzontalità.

La tolleranza è data dalla differenza tra un qualsiasi punto della superficie e la linea retta virtuale congiungente i due punti di riferimento impiegati per le misurazioni

3.2.5 Specifiche di esecuzione

3.2.5.1

Pulizia dei casseri, applicazione disarmante e cassetatura

Prima del getto dovrà essere verificata l'avvenuta pulizia delle superfici interne dei casseri e l'assenza di acqua o ghiaccio all'interno degli stessi; inoltre dovranno essere bagnati moderatamente prima del getto, specialmente nella stagione estiva.

Per facilitare il disarmo, prima della messa in opera, la superficie delle casseforme potrà essere

convenientemente trattata con prodotti opportuni i quali non dovranno condizionare la riuscita del getto. In particolare, questi prodotti non possono reagire o mescolarsi con gli impasti e pregiudicarne la presa. La casseratura e la predisposizione di tutte le forometrie, tracce, cavità e incassature avverranno come da elaborati strutturali.

3.2.5.2 Disposizione armatura solaio

Prima della disposizione dell'armatura saranno disposti opportuni distanziatori in fibrocemento. La disposizione dell'armatura dei solai, avverrà su strati sovrapposti, composti dal basso verso l'alto come segue:

- Barre d'armatura inferiore in direzione 1 e direzione 2;
- Barre d'armatura superiore in direzione 1 e direzione 2.

La posizione di ciascun ferro sarà ottenuta legando con filo di ferro gli incroci con le staffe o con le altre barre, in modo da ottenere un reticolo di ferri.

Terminata la posa dell'armatura, da parte di un tecnico qualificato sarà effettuato un controllo visivo della corrispondenza con quanto riportato nel progetto strutturale. In seguito a tale controllo ne verrà eseguito uno ulteriore da parte del Direttore dei Lavori che dovrà dare l'approvazione al getto.

3.2.5.3 Getto del conglomerato

In seguito all'approvazione del Direttore dei Lavori si procede con il getto di calcestruzzo. Le interruzioni di getto saranno indicativamente collocate nelle zone di campata, in modo da non creare superfici di scorrimento in corrispondenza di pilastri o pareti.

Per il contenimento del calcestruzzo durante la fase di getto, nelle zone di continuità strutturale, si prevede l'utilizzo di fermagetti in metallo stirato con armatura di connessione passante tipo Stremaform.

La modalità operativa nelle zone di interruzione di getto per le pavimentazioni industriali è la seguente:

- Il primo getto viene interrotto mediante fermagetti per l'intero spessore, realizzando uno spigolo vivo all'estradosso;
- Viene collocato sull'armatura superiore, a ridosso del primo getto, uno strato di materiale tipo polistirolo, per creare una fessura sul bordo della superficie di ripresa;
- Dopo il secondo getto viene rimosso tale strato di materiale tipo polistirolo, e la fessura che rimane viene riempita mediante materiale tipo neoprene o simile.

Durante ogni fase di getto il calcestruzzo viene vibrato meccanicamente con metodologie idonee e con strumenti adeguati.

3.2.5.4 Getto su strutture inclinate

Quando previsto, il getto su superfici inclinate deve essere eseguito partendo dalla quota minore e procedendo verso l'alto, tramite vibratura in modo da far scorrere nella posizione definitiva il calcestruzzo affinché rispecchi la configurazione definitiva prevista a progetto.

La Direzione Lavori, qualora lo ritenga opportuno, può prevedere la posa di una casseratura a copertura del getto eseguito e vibrato al fine di evitare che la prosecuzione delle lavorazioni vada a modificare la forma finale definita. Tale casseratura verrà posta in opera seguendo l'andamento del getto procedendo per step a passo ridotto.

3.2.5.5 Rifinitura superficiale dei solai

La superficie dei solai che costituiscono pavimentazione industriale lisciata al finito verrà lisciata al quarzo. La superficie dei solai che NON costituiscono pavimentazione industriale lisciata al finito dovrà essere tirata a staggia e staggia vibrante.

La superficie dei solai dovrà essere tirata a staggia e staggia vibrante.

3.2.5.6 Stagionatura e protezione dei getti

Il getto di calcestruzzo del solaio verrà protetto subito dopo il getto mediante prodotti di curing (tipo "Idealwork" o "Masterkure") per evitare un'evaporazione precoce, con la conseguenza di eliminare o comunque ridurre le fessurazioni da ritiro. Nella stagione estiva, dopo la staggiatura, viene spruzzato un prodotto acquoso su base polimerica per evitare l'evaporazione.

Il getto di calcestruzzo dei solai con trattamento di lisciatura al quarzo (pavimentazione industriale) sarà protetto subito dopo il getto mediante un tessuto multifunzionale di protezione e di copertura tipo Floorliner Original. Il tessuto non tessuto protegge la superficie finita da graffi o scheggiature, causati ad esempio dalla puntellazione del solaio superiore.

Disarmo

La rimozione dei casseri avviene dopo due giorni dal getto del solaio.

I puntelli vengono rimossi subito dopo la seconda tesatura dei trefoli (laddove previsti solai con sistema di post-tensione), ad eccezione di circa quattro puntelli per campata, che devono rimanere per due interpiani di solai.

3.3 DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE

L'Appaltatore deve fare pervenire al Committente, entro i termini concordati e comunque prima dell'inizio dei lavori:

- i documenti comprovanti l'avvenuto deposito del progetto strutturale, ai sensi della normativa 1086/71, presso gli organi competenti;

- la progettazione esecutiva costruttiva (shop drawing) secondo le vigenti norme in materia, con l'obbligo di consegnare al Committente, per le date fissate, la prevista documentazione; i disegni esecutivi costruttivi dovranno essere consegnati, salvo diversa indicazione, in tre copie;
- le schede tecniche, le certificazioni di origine dei materiali e le eventuali prove di laboratorio.

3.4 COLLAUDO DELLE OPERE

Le prove di carico devono accertare l'entità delle deformazioni sia elastiche che permanenti, e constatarne la loro conformità alle prescrizioni di progetto e vengono svolte secondo le modalità indicate dal Collaudatore nominato dal Committente. Le prove di collaudo sono incluse negli oneri dell'impresa.

3.5 ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE

Sono a carico dell'Appaltatore i seguenti oneri:

Getti

- la vibratura;
- la formazione di fori o di vani per canne, condutture, ecc., tempestivamente segnalati, di sezione trasversale fino a mq 0.10 (per le solette piene o miste per superficie fino a mq 1.00);
- le casserature per la formazione del contorno dei suddetti fori o vani;
- la posa di tubi, canne, ecc. da annegare nei getti;
- la ripassata delle superfici dei getti dopo il disarmo e, nel caso di getti da lasciare con finitura "a vista", la chiusura dei buchi, la molatura di eventuali giunti sporgenti, la copertura o il taglio dei ferri affioranti.

Acciaio d'armatura

- lo sfrido;
- la lavorazione, la messa in opera e la legatura con filo ricotto.

Casseri

- le armature e le puntellazioni per le altezze necessarie al raggiungimento delle quote previste dal progetto;

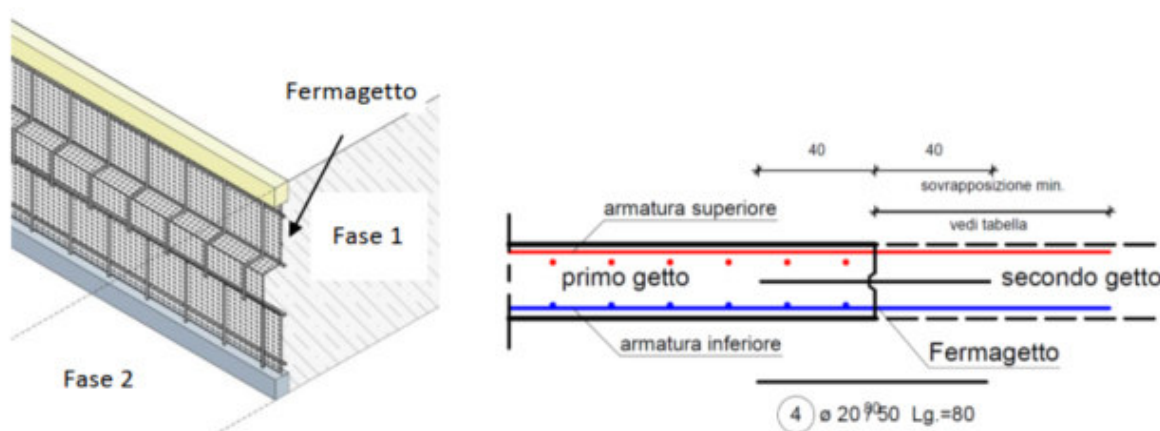
- l'armo, il disarmo, il consumo, lo sfrido;
- gli oneri, nel caso di getti da lasciare con finitura "a vista", per l'impiego di tavole piallate, unite e per la particolare cura nella predisposizione del cassero e del disarmo.

4 GIUNTI NELLE STRUTTURE IN C.A.

4.1 GIUNTI DI LAVORO (RIPRESE DI GETTO)

I getti saranno eseguiti su zone di superficie di circa 1000÷1500m² o secondo quanto rappresentato sugli elaborati strutturali.

È previsto l'utilizzo di fermagetti in metallo stirato profilato, tipo "Stremaform", "Nervometal" o simili, compatibilmente con la tecnica di impermeabilizzazione utilizzata per i giunti di lavoro, con armatura di connessione passante.



Il fermagetto utilizzato deve realizzare un dente tra i getti nelle diverse fasi per un migliore ingranamento delle superfici, l'armatura del solaio deve essere passante, e deve essere disposta una barra d'armatura tra i due getti, tipicamente $\varnothing 20/50$, nella mezzeria del solaio, come riportato nella figura superiore, costituente connessione a taglio.

La variabilità di quest'ultima armatura dipende dai singoli casi di realizzazione dei giunti di lavoro. Le interruzioni di getto saranno indicativamente collocate nelle zone di campata, in modo da non creare superfici di scorrimento in corrispondenza di pilastri o pareti.

Le riprese sono precedute da un rinvigimento della superficie del getto già eseguito, seguito da una accurata pulizia della superficie rinvigita che deve infine essere irrorata con acqua. Le riprese di getto e devono essere realizzate nelle zone e nelle modalità concordate con il Committente.

5 PALI INFISSI

5.1 CAMPO DI APPLICAZIONE E DEFINIZIONE

La presente sezione del Capitolato si applica a tutte le opere di fondazione ove sono previsti pali.

Si definiscono:

Pali infissi gettati in opera: pali realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo. I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo per battitura il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato o non armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo-forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene armato con gabbia in acciaio e completato con getto di calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

Pali infissi prefabbricati: pali realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, ed eventualmente con l'ausilio di un getto d'acqua in pressione che fuoriesce dalla punta attraverso un foro centrale longitudinale. A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

5.2 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

Fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, prima di dare inizio alle lavorazioni, dovrà:

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo seguente;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione finale delle risultanze del campo prova al fine di concordare l'esecuzione di eventuali prove per la taratura dei parametri geotecnici;
- eseguire il tracciamento preliminare dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo, e accertare che su ogni picchetto sia

riportato il numero progressivo del palo in conformità alla planimetria presentata ed accettata dalla DIREZIONE LAVORI.

All'inizio e durante le lavorazioni, l'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, dovrà:

- mantenere la piazzola di lavoro pulita e sgombra, anche al fine di consentire il costante controllo della quota di testa-palo;
- per eventuali variazioni delle metodologie esecutive precedentemente approvate, presentare un'ulteriore relazione tecnico-operativa sulle nuove metodologie, da sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI, la quale potrà, a sua discrezione, richiedere l'esecuzione di prove tecnologiche (campo prova) al fine di verificare l'idoneità delle nuove metodologie esecutive;
- comunicare alla DIREZIONE LAVORI anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, e comunque ogni qual volta le condizioni reali risultino sensibilmente differenti da quelle di progetto; • eseguire tutte le prove, previste nella relazione tecnico operativa di cui al paragrafo 7.5.1, in situ e/o di laboratorio, e allegare i certificati alla specifica documentazione di controllo elaborata per ciascuna opera. Detto laboratorio potrà essere di cantiere (per le prove per cui è attrezzato), o qualificato ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI, od ancora un Laboratorio Ufficiale autorizzato;;
- curare che lo stoccaggio in cantiere delle gabbie di armatura avvenga in apposita area preliminarmente individuata, verificando che le gabbie non siano a contatto diretto con il terreno e siano provviste di idoneo contrassegno indicante gli estremi della fornitura dell'opera o porzione di opera per cui è previsto l'impiego (WBS), del numero del palo e della posizione della gabbia;
- provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali con martello demolitore, di peso operativo non superiore a 170 kg e diametro della punta adeguato alla geometria della struttura, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura e della testa del palo con aria in pressione;
- provvedere, al completamento dei lavori e nel rispetto delle scadenze fissate contrattualmente, alla redazione e trasmissione della documentazione finale "as-built" prevista da contratto;
- indicare, per ciascun palo, i mc gettati da ogni betoniera e la corrispondente quota raggiunta dal cls nel foro, onde poter riscontrare le eventuali difformità tra i valori gettati e quelli attesi, verificare che tali dati siano registrati in specifici documenti di controllo resi disponibili alla DIREZIONE LAVORI, ed accertare che le eventuali anomalie siano comunicate tempestivamente alla DIREZIONE LAVORI e riportate nella documentazione "as-built".

L'ESECUTORE dovrà dare evidenza delle attività di controllo effettuate per garantire la conformità alle prescrizioni della presente sezione attraverso la redazione di specifica documentazione di registrazione, elaborata per ciascun palo/micropalo.

La relazione tecnico operativa che l'ESECUTORE deve presentare alla DIREZIONE LAVORI dovrà contenere:

- il rilievo stratigrafico del terreno individuato dal progetto;

- una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo distintivo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a Rete Ferroviaria Italiana con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
- l'elenco e la descrizione tecnica delle apparecchiature da utilizzare, con indicate le modalità di esecuzione e le seguenti caratteristiche: per i pali infissi (nel caso di utilizzo di battipalo):
 - energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
 - n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
 - efficienza "E" del battipalo;
 - caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza, costante elastica, coefficiente di costituzione);
 - caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
 - peso degli eventuali adattatori;
 - peso del battipalo.

5.3 ARMATURE METALLICHE E RIVESTIMENTI METALLICI

Armature metalliche

L'ESECUTORE può ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, delle spirali, o degli anelli irrigidenti ai ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione; in questo caso L'ESECUTORE deve verificare che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre, mediante l'esecuzione di prove a trazione su elementi sottoposti a saldatura. A tal fine L'ESECUTORE dovrà prelevare all'estremità delle gabbie 3 campioni di barra longitudinale con staffa/spirale(ogni 500 ml di gabbia) e ripristinare l'armatura aggiungendo barre e staffe/spirale con sovrapposizione di 40 diametri.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le armature siano pre-assemblate fuori opera in "gabbie";
- i collegamenti tra armatura longitudinale e trasversale siano ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti, o con saldatura - puntatura, e che le sporgenze ricadano sempre all'interno della gabbia senza intralciare l'inserimento del tubo getto;
- le armature elicoidali siano fissate solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate e che l'interasse delle staffe ed il passo della spirale non sia superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 12 mm;
- l'interasse fra le barre longitudinali non sia in alcun caso inferiore a 7,5 cm;

- sulle gabbie di armatura, nella fase di stoccaggio in cantiere, siano stati posizionati opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al rivestimento definitivo o, nel caso di pali trivellati di grande diametro, di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%;
- i distanziatori siano posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m;
- l'armatura sia mantenuta in posizione senza essere poggiata sul fondo del foro, secondo la metodologia indicata nella relazione tecnico-operativa.

Rivestimenti metallici

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la tipologia di rivestimento per ogni palo, nonché le caratteristiche geometriche del rivestimento stesso, sia provvisorio che definitivo, siano conformi alle prescrizioni di progetto;
- i tubi di rivestimento siano in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare, senza danni o deformazioni, tutte le sollecitazioni agenti durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e tali da impedire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o alla infissione di pali vicini;
- i rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera siano chiusi alla base mediante una piastra d'acciaio di spessore minimo di 8 mm, e comunque proporzionato al diametro del rivestimento. Tale piastra deve essere saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. E' ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi opportunamente saldati o flangiati.

Nel caso di tubo-forma estraibile, questo deve essere costituito da un cilindro chiuso inferiormente da un piattello metallico a perdere con un bordo che fa tenuta sul tubo impedendo l'ingresso all'interno di acqua o terreno.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Gli eventuali altri spezzoni, nel corso della saldatura, saranno mantenuti in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

5.4 CONGLOMERATI CEMENTIZI

Per i conglomerati cementizi l'ESECUTORE dovrà rispettare quanto prescritto dal progetto e dalla Sezione specifica del presente Capitolato e dovrà verificare, se non diversamente previsto, che la dimensione massima degli inerti, sia tale che $D_{max} < i_{min}/2,5$ dove i_{min} è il valore minimo del passo fra barre longitudinali.

5.5 MODALITA' ESECUTIVE

5.5.1 Pali infissi gettati in opera

a) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del rivestimento Nel caso di infissione mediante battitura l'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione dei rivestimenti avvenga tramite battitura, senza estrazione di materiale, eventualmente mediante fasi intermedie, in conformità al progetto e/o alla relazione tecnico-operativa di cui ai paragrafi precedenti, approvata dalla DIREZIONE LAVORI;
- venga eseguito e registrato il conteggio dei colpi d'avanzamento: nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi per avanzamenti di 1 m;
- venga registrato il grafico dei colpi relativi agli ultimi 4 metri: in corrispondenza degli ultimi 4 m o più se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, si conteggerà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm;
- venga registrato il tempo necessario per l'infissione;
- per i rivestimenti definitivi, nel caso di utilizzo di mandrino di acciaio questo sia inserito nel rivestimento;
- nel caso il mandrino sia espanso, questo sia mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, al termine della quale sarà estratto;
- l'inserimento del mandrino nel rivestimento sia eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio. Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, solo previa accettazione della DIREZIONE LAVORI. Per l'espulsione del fondello posto ad occludere l'estremità inferiore, nel caso di tubo-forma estraibile, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta. E' ammesso l'impiego di tubi-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

L'ESECUTORE dovrà verificare che l'infissione dei rivestimenti sia arrestata quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- rifiuto della battitura. Si intende raggiunto il rifiuto quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2 cm.

In questo ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI avrà facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali). L'ESECUTORE, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, potrà eseguire dei prefiori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il prefioro avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da

non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il preforo potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

a.1) Vibro-infissione

Per quanto riguarda la vibro-infissione, ferme restando le prescrizioni per l'infissione del precedente paragrafo, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che sia utilizzato un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico. Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno verificate dall'ESECUTORE in relazione alle prestazioni da ottenere, a seguito di prove tecnologiche preliminari (campo prova su elementi sacrificali).

b) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima del posizionamento delle gabbie d'armatura si abbia cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo;
- l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

c) Getto del calcestruzzo I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato. L'ESECUTORE, accertata la conformità alle prescrizioni riportate al paragrafo 7.5, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di realizzazione di pali con utilizzo di morsa idraulica il mix del calcestruzzo sia opportunamente dimensionato al fine di garantire, nelle condizioni specifiche di temperatura, un ritardo della presa in relazione alla lunghezza del palo, per ovviare ad eventuali inconvenienti che potrebbero prolungare il tempo di estrazione del tubo forma; tali accorgimenti non dovranno modificare la resistenza finale del calcestruzzo;
- il getto sia effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro di 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento (tubo-getto);
- l'interno del tubo-getto sia pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con

materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;

- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo getto e/o di almeno $3 \div 4$ m di palo; • le operazioni di getto avvengano senza soluzione di continuità; in particolare, per i pali di grande diametro, si prescrive una cadenza di getto non inferiore a 15 mc/ora;
- durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, utilizzando uno scandaglio costituito da un grave metallico, del peso di circa 0,05 kN, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato, sia verificata la quota di riempimento del palo al fine di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta, per valutare eventuali dispersioni;
- nel corso del getto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo, di 2.0 m. Per diametro del palo $\geq 1,2$ m l'immersione dovrà essere almeno di 2,5 m;
- la quota di fine getto sia portata ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto prevista per la testa palo (scapitozzatura).

c.1) Getto in presenza di tubo-forma estraibile

Per quanto riguarda il getto in presenza di tubo-forma estraibile, ferme restando le prescrizioni riportate nel paragrafo precedente, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima di installare il tubo-getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si dovrà provvedere alle operazioni di pulizia mediante air-lifting;
- il getto sia eseguito provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m e non superiore a 5 m;
- ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore sia preceduta dalla misurazione della quota raggiunta dal calcestruzzo.

5.5.2 Pali infissi gettati in opera

a) Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere. In entrambi i casi, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- i pali siano realizzati con calcestruzzo di caratteristiche conformi alle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del Capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture;

- nel caso di palificate da realizzare in ambienti aggressivi, qualora non previsto dal progetto, siano adottati opportuni accorgimenti tra i quali la definizione di un idoneo mix-design del cls e/o l'incremento del copriferro; altri accorgimenti, quali ad esempio vernici protettive, rivestimenti autoprotetti per proteggere la superficie esterna del palo, dovranno essere sottoposti all'approvazione preliminare della DIREZIONE LAVORI.

b) Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il giunto sia costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire;
- gli anelli vengano saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche. c) Protezione della punta L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:
- la punta dei pali sia protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo. In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato;
- in terreni molto compatti, la puntazza sia rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia). d) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del palo L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:
- nel caso di strati granulari addensati, in cui è stato concordato con la DIREZIONE LAVORI l'utilizzo di iniezioni d'acqua per facilitare l'infissione, la discesa del palo avvenga per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura;
- le iniezioni d'acqua siano interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto, e che le modalità, le pressioni e la portata del getto d'acqua siano comunicate alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di esecuzione di prefori, al fine di ridurre le vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, questi abbiano diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo;
- il preforo non raggiunga lo strato portante, se esistente, e si fermi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.
- l'infissione dei pali sia arrestata quando si registri il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:
 - arrivo alla quota di progetto;
 - misurazione del rifiuto alla battitura (si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione, corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente, è inferiore a 2 cm).

In quest'ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI ha facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

5.6 CONTROLLI

I controlli da effettuare dopo la realizzazione e prima dell'utilizzo, per assicurare che i pali/micropali in esame diano le garanzie di resistenza e rispetto delle caratteristiche prestazionali richieste dal progetto esecutivo approvato, si distinguono in tre tipi:

- controlli di resistenza meccanica sotto carico;
- controlli di integrità mediante prove di ammettenza meccanica (solo per i pali);
- controlli di integrità mediante prove di controllo sonico (solo per i pali). L'esecuzione di tutte le prove previste dovrà essere descritta dall'ESECUTORE preliminarmente nella relazione tecnico-operativa (vedi paragrafi precedenti). L'ESECUTORE per ogni opera dovrà presentare alla DIREZIONE LAVORI, una relazione tecnica contenente il resoconto di tutte le prove eseguite in accordo alle prescrizioni riportate nei paragrafi seguenti.

5.6.1 PROVE IN CORSO D'OPERA

Si definiscono prove in corso d'opera, le prove effettuate su pali e micropali della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è $\geq 1,5$ volte l'azione di progetto P_r , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara). La finalità della prova in corso d'opera è quella di verificare che: • non esistano gravi deficienze esecutive nel palo/micropalo; • il palo/micropalo abbia un comportamento conforme alle previsioni progettuali sotto le azioni di progetto; • non vi sia eccessiva disomogeneità di comportamento tra i pali/micropali di una stessa palificata.

a) Estensione delle prove

L'ESECUTORE dovrà effettuare per ogni opera, avente caratteristiche strutturali e geotecniche omogenee, prove di carico assiale sui pali e micropali di progetto adottando almeno le seguenti frequenze di prova: • n. 1 prova se il numero di pali è inferiore o uguale a 20; • n. 2 prove se il numero di pali è compreso tra 21 e 50; • n. 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100; • n. 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200; • n. 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500; • il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500. E' consentito ridurre il numero di prove statiche minimo sopra indicato fino al limite dell'1% dei pali realizzati, con un minimo di 2. In tale caso deve essere garantita l'effettuazione delle prove cross-hole sul 100% delle predisposizioni, ferme restando le rimanenti prescrizioni di cui al paragrafo 6.4.3.7.2 del D.M Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni". L'individuazione dei pali/micropali da sottoporre a prova sarà sempre concordata con la DIREZIONE LAVORI, la quale, in considerazione dell'omogeneità dei terreni in cui è ubicato il lotto di pali/micropali e dei risultati delle eventuali prove a carico limite eseguite per pali/micropali dello stesso diametro, potrà modificare la scelta dei pali/micropali da sottoporre a prova di carico.

b) Attività preliminari alle prove

Prima della prova l'ESECUTORE dovrà verificare, in accordo con le relative prescrizioni contenute nella presente sezione, e con quanto preliminarmente approvato dalla DIREZIONE LAVORI, che concorrano le seguenti condizioni: • corretta predisposizione della testa del palo/micropalo; • corretta disposizione dei dispositivi per l'applicazione e la misura del carico. All'atto della prova l'ESECUTORE dovrà poi controllare la corretta applicazione del carico, in accordo con la documentazione presentata ed approvata dalla DIREZIONE LAVORI e con quanto specificato nella presente sezione.

c) Modalità di prova

L'ESECUTORE eseguirà tutte le prove di carico sui pali/micropali in accordo con tutte le prescrizioni richiamate nelle norme di riferimento. Salvo diverse indicazioni di progetto le prove di carico statico dovranno essere eseguite effettuando n.2 cicli di carico-scarico, raggiungendo nel primo ciclo il carico assiale pari all'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara) e nel secondo ciclo il carico massimo di prova, ovvero il medesimo carico assiale moltiplicato per 1,5 volte. Le modalità di applicazione del carico dovranno essere effettuate mediante incrementi e decrementi gradualmente in accordo con le indicazioni della DIREZIONE LAVORI.

d) Resoconto delle prove

Alla fine delle prove l'ESECUTORE dovrà redigere una scheda che contenga, per ogni palo/micropalo, i seguenti dati: • il numero di identificazione del palo rispetto alla planimetria e le caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro); • la stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati); • le caratteristiche della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, carico applicato); • la disposizione, le caratteristiche ed i certificati di taratura della strumentazione; • la scheda tecnica del palo, redatta all'atto dell'esecuzione; • l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova; • la temperatura riscontrata all'atto delle prove; • il tempo progressivo di applicazione del carico; • le corrispondenti misurazioni di ogni comparatore e i relativi valori medi; • le note e le eventuali osservazioni; • le tabelle ed i diagrammi completi delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni dei singoli comparatori e la loro media aritmetica; (1) • interpretazione dei risultati della prova in relazione ai valori di progetto.

5.6.2 PROVE SU PALI STRUMENTATI

Quando richiesto dal progettista, le prove di carico assiali, oltre che di definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e la curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte preliminarmente una serie di sezioni strumentate nel fusto e alla base del palo stesso, in conformità alle indicazioni di progetto. In tale circostanza, previa approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, il massimo carico assiale di prova potrà essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

5.6.3 PROVE DI CONTROLLO SONICO

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto. Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico; • prove cross-hole.

Carotaggio sonico

Descrizione della prova

Il metodo di prova consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del palo. La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale.

Frequenza di esecuzione

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche. In tal caso le prove potranno essere richieste fino al limite del 5% dei pali realizzati. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti, il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI. I fori eseguiti per i suddetti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità ed addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

Modalità di esecuzione

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo. Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo. A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

Documentazione della prova

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni palo: • dati identificativi del palo rispetto alla planimetria; • l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova; • la temperatura riscontrata all'atto delle prove; • il tipo di sonda sonica impiegata ed i relativi certificati di taratura; • le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda; • il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti;

Prove cross-hole

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Descrizione della prova

Le misure di cross-hole sonico (impulso su percorso orizzontale) consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura. Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tre tubi (solidali alla gabbia d'armatura) all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto (per i pali trivellati ad elica continua, i tre tubi dovranno essere comunque solidali alla gabbia d'armatura e calati nel foro subito dopo il getto).

Frequenza delle prove

L'ESECUTORE dovrà predisporre, prima dell'esecuzione del getto e secondo le indicazioni della DIREZIONE LAVORI, il 30% dei pali non in alveo per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole". Per i pali in alveo e in zone golenali questa predisposizione dovrà essere estesa al 100% dei pali. L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche o in PVC a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo. L'utilizzo di tubazioni in PVC è subordinato all'approvazione della DIREZIONE LAVORI. Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce. La prova dovrà essere eseguita sui pali indicati dalla DIREZIONE LAVORI, e dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI.

Modalità di esecuzione

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

Documentazione della prova

Vedi paragrafo precedente

5.6.4 PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto. Le prove di ammettenza meccanica, anche dette ecometriche, potranno essere eseguite, a discrezione della DIREZIONE LAVORI, su pali non sottoposti ad altra prova (a meno di quelle necessarie per le correlazioni con i risultati delle cross hole) ed aventi caratteristiche (dimensioni, materiali, terreno, ecc.) identiche a quelle di pali assoggettati alla prova di carico assiale. Lo scopo è verificare, in modo non distruttivo, la profondità e l'eventuale presenza di difetti lungo l'altezza dei pali.

Descrizione della prova

Il principio su cui si basano le prove ecometriche, è quello dell'analisi della propagazione delle onde elastiche all'interno di un mezzo continuo. Il palo viene messo in vibrazione da una forza impulsiva assiale esercitata mediante l'impiego di un semplice martello. L'onda di compressione generata dal colpo del martello sull'estremità superiore del palo si propaga verso il basso all'interno del palo stesso; giunta alla

base in assenza di discontinuità, l'onda subisce una parziale riflessione verso l'alto ed alla testa del palo essa è rilevata da un geofono.

Modalità di esecuzione

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm. Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio. Vengono inseriti i dati riguardanti il palo da investigare e si impostano i fattori di elaborazione del segnale (filtri, amplificazione del segnale, velocità di propagazione, ecc.). Il sensore (geofono), collegato alla centralina, viene posto a contatto con la testa del palo da investigare, e con il martello si batte un colpo. L'onda d'urto prodotta e la risposta del palo vengono registrati ed elaborati dalla centralina elettronica e quindi visualizzati sul display. L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz. La risposta fornisce un "riflessogramma" mediante la cui analisi si diagnostica la presenza di eventuali difetti nel palo e la sua lunghezza.

Documentazione della prova

Oltre a quanto indicato ai paragrafi precedenti e ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, devono essere riportati nella documentazione tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

5.6.5 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

OBIETTIVI

Il presente paragrafo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore. Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto. Valori riscontrati eccedenti i limiti di seguito indicati comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

DEFINIZIONI

- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto.
- Valore teorico : valore di un parametro indicato in progetto.
- Valore effettivo : valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito.
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato).

MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva. Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello. Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è

applicata o abbassa la quota di un livello. Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-). Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante. Nella colonna "ulteriore limitazione" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		ULTERIOR E LIMITAZIONE	
1- PALO TRIVELLATO	1.1	Coordinate planimetriche centro palo (generico)	mm	5	di progetto	10% Φ		75	
	1.2	Coordinate planimetriche centro palo (paratia di pali)	mm	5	di progetto	5% Φ		50	
	1.3	Verticalità (palo in gruppo, completamente interrato)	%	0.4	0	2			
	1.4	Verticalità (paratia di pali)	%	0.4	0	1			
	1.5	Inclinazione (palo inclinato)	%	0.4	di progetto	4			
	1.6	Lunghezza "L" palo	mm	20	di progetto	L/100			
	1.7	Diametro " Φ " palo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	1.8	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
	1.9	Interasse "i" staffe palo	mm	5	di progetto	-20% i	+10% i		
	1.10	Copriferro armatura metallica palo	mm	1	60	-10			
	1.11	Spessore lamierino di protezione	mm	0.1	di progetto	-0.5			
2- MICROPALO	2.1	Coordinate planimetriche centro micropalo	mm	5	di progetto	10% Φ		20	
	2.2	Verticalità micropalo	%	0.4	0	2			
	2.3	Direzione asse micropalo (inclinato)	%	1/250	di progetto	4			
	2.4	Lunghezza micropalo	mm	10	di progetto	L/100			
	2.5	Diametro " Φ " micropalo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	2.6	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
3-PALO BATTUTO IN CLS	3.1	Dimensione sezione retta	mm	1	di progetto	-1	6		
	3.2	Deviazione dalla linearità (misurata su 3 m di lunghezza)	mm	1	0	6			
	3.3	Distanza del centro di una generica sezione retta, dalla linea retta congiungente i centri delle due sezioni estreme (distanti "L")	mm	1	0	L/500	L/500		

6 **DISPOSITIVI E MATERIALI SPECIALI**

6.1 **ELEMENTI DI RIPRESA ARMATURA TIPO STABOX**

Nella realizzazione delle strutture in oggetto può essere previsto l'impiego di elementi di ripresa per le armature di tipo Stabox. Questi devono essere in possesso di certificazione di conformità.

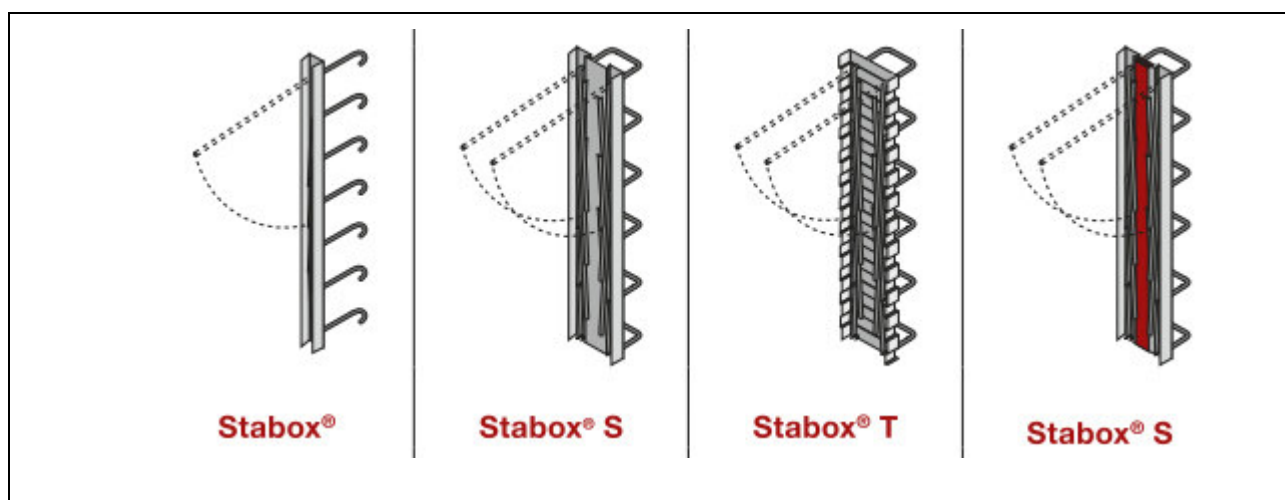


Figura 1: Dettaglio tipo elementi tipo Stabox

Posa dell'elemento

La posa dello stabox avviene tramite chiodatura al cassero, quando questo è in legno, o tramite legatura o saldatura quando viene collegato a cassero rampante. In caso di impiego di cassero in acciaio, si procederà al collegamento dello stabox tramite rivettatura.

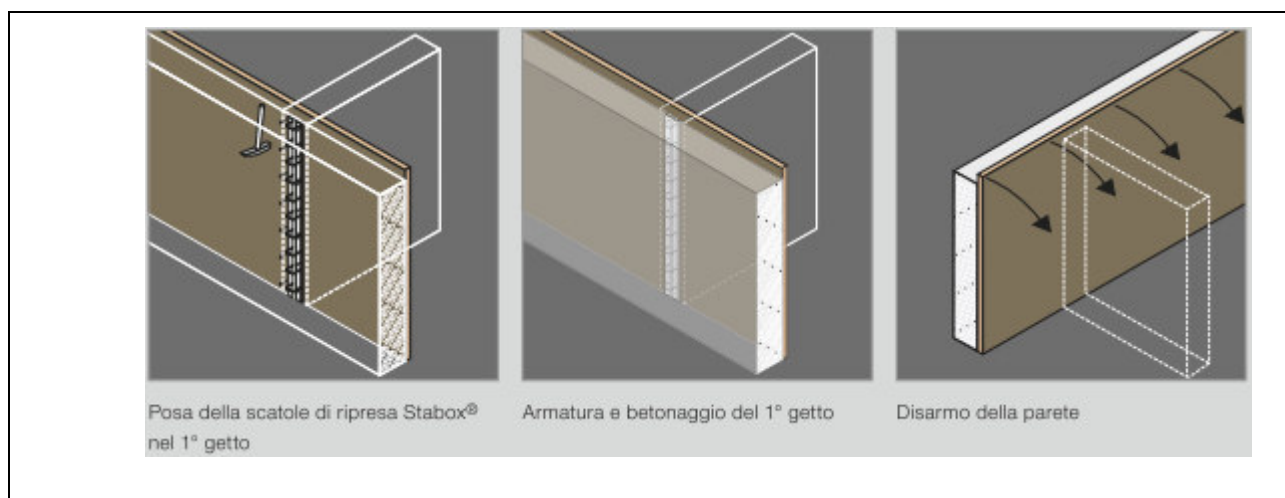


Figura 2: Dettaglio tipo fasi di lavoro

Regole comportamentali

Per un risultato a norma deve essere impiegato apposito attrezzo per eseguire la ripiegatura dei ferri d'armature facenti parte dell'elemento impiegato.

Per una corretta posa si rinvia alle prescrizioni d'uso del prodotto. L'impresa Appaltante avrà cura di sottoporre per approvazione alla DL ed al Committente le schede tecniche ed i certificati di prodotto.

6.2 SISTEMA D'ARMATURA A PUNZONAMENTO

Può essere previsto l'impiego, laddove necessario, di sistema d'armatura a punzonamento con chiodi tipo Peikko PSB o similari.

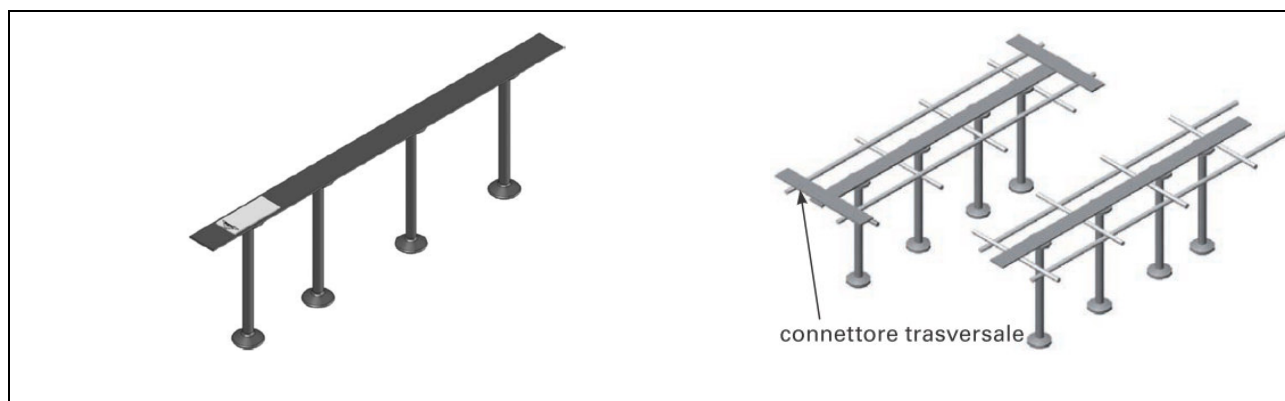


Figura 3: Dettaglio tipo elemento di rinforzo a punzonamento

Tali elementi devono essere dotati di marcatura CE o BTE (Benestare Tecnico Europeo).

Posa dell'elemento

Gli elementi dell'armatura a punzonamento PSB vengono posati sull'armatura superiore. Per allineare parallelamente gli elementi PSB alle barre dell'armatura superiore si raccomanda l'uso dei connettori trasversali in modo di garantire un montaggio corretto. Al riguardo è necessario verificare che le teste d'ancoraggio inferiori raggiungano almeno il bordo inferiore dell'armatura all'intradosso e che le teste d'ancoraggio superiori raggiungano il bordo superiore dell'armatura all'estradosso. I componenti dell'armatura a punzonamento PSB devono essere posizionati nella sezione trasversale della soletta, secondo quanto previsto nel progetto. È quindi necessario osservare che le estremità delle barre marcate con le etichette, siano dirette verso la colonna e che siano a filo con il bordo della stessa. Nel caso in cui alcuni componenti standard vengano posizionati uno accanto all'altro, le reciproche estremità devono essere allineate. La distanza tra elementi PSB e tra i singoli pioli per ogni elemento deve essere approvata nel rispetto dei requisiti normativi.

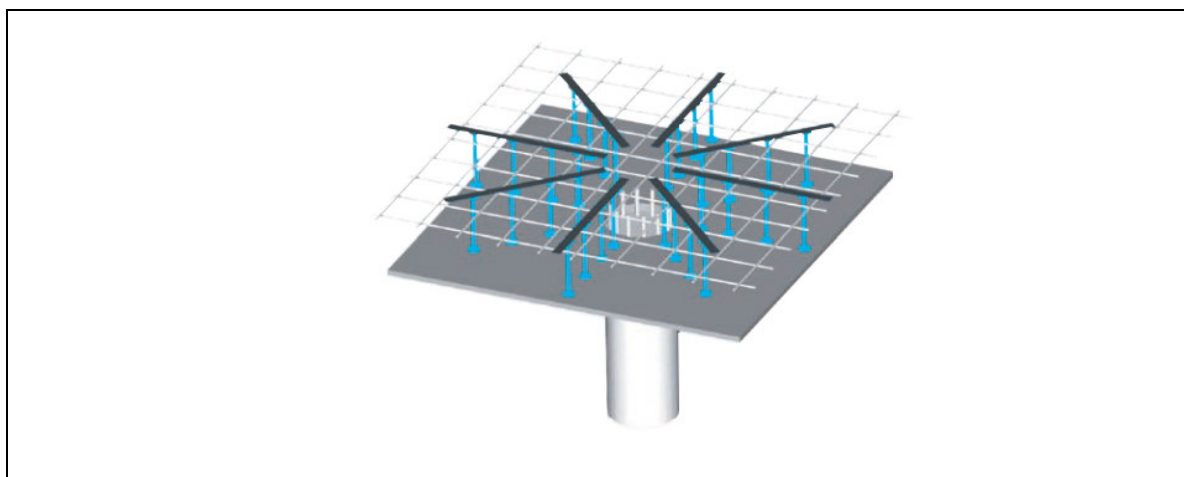


Figura 4: Posa tipo armatura a punzonamento

Regole comportamentali

Per una corretta posa si rinvia alle prescrizioni d'uso del prodotto. L'impresa Appaltante avrà cura di sottoporre per approvazione alla DL ed al Committente le schede tecniche ed i certificati di prodotto.

6.3 ANCORANTI CHIMICI AD INIEZIONE TIPO HILTI

Può essere previsto l'impiego, laddove necessario, di sistema d'ancoraggio chimico ad iniezione tipo Hilti HIT-RE od HIT-HY o similari, secondo quanto specificano negli elaborati di progetto.

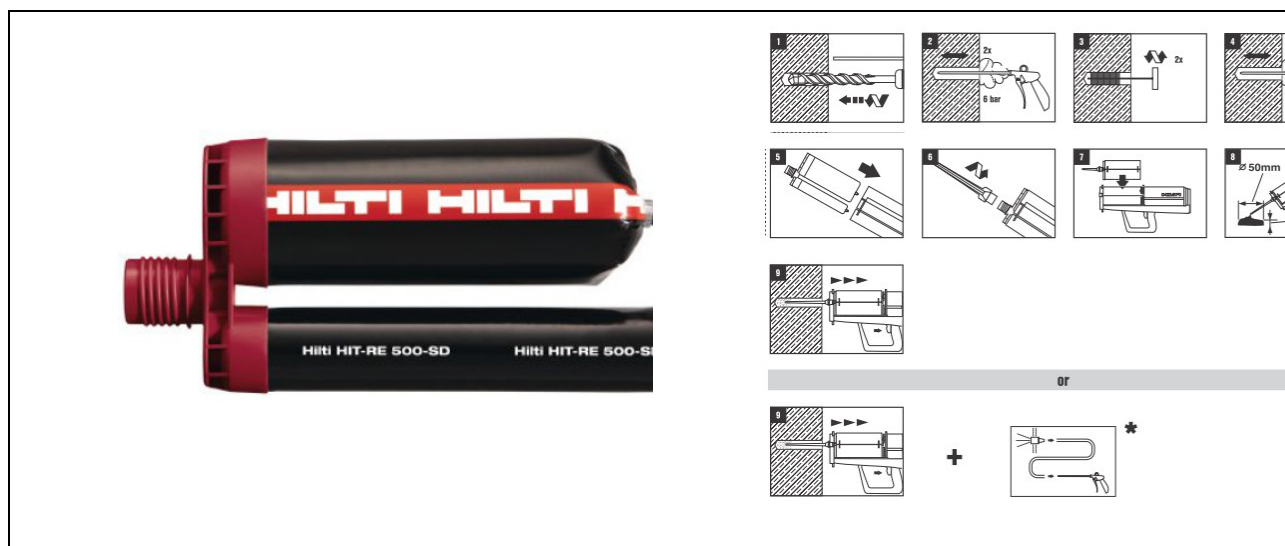


Figura 5: Materiale tipo ancorante chimico

Tali elementi devono essere dotati di maracatura CE o BTE (Benestare Tecnico Europeo).

Posa dell'elemento

Esecuzione di foro con martello perforatore e successiva pulizia dello stesso. Tale operazione consiste nella rimozione di polvere, dovuta anche alla foratura svolta, acqua ed altre impurità in funzione delle condizioni presentantesi:

Metodo 1 — Adatto per calcestruzzo a secco o saturo d'acqua (vedasi pittogrammi)

Soffiare due volte nel foro con aria compressa priva di olio (min. 6 bar a 6 m³/h), finché l'aria di ritorno non risulti priva di polvere.

Spazzolare due volte con spazzola d'acciaio della grandezza adatta (\varnothing spazzola \geq foro \varnothing), infilando la spazzola in acciaio Hilti HIT-RB con un movimento rotatorio nel foro fino in fondo, per poi estrarla nuovamente.

Introducendo la spazzola nel foro si deve percepire una certa resistenza; in caso contrario, la spazzola è troppo piccola e deve essere sostituita con una spazzola di diametro adatto.

Soffiare nuovamente due volte nel foro con aria compressa, finché l'aria di ritorno non risulti completamente priva di polvere.

Metodo 2 — Adatto in caso di persistenza d'acqua nei fori (ad es.: infiltrazione d'acqua nel foro pulito)

Lavare due volte il foro con acqua fino alla fuoriuscita d'acqua pulita, introducendo il tubo flessibile impiegato per il lavaggio fino in fondo al foro (pressione del tubo dell'acqua).

Spazzolare due volte con spazzola d'acciaio della grandezza adatta (\emptyset spazzola \geq foro \emptyset), infilando la spazzola in acciaio Hilti HIT-RB con un movimento rotatorio nel foro fino in fondo, per poi estrarla nuovamente.

Introducendo la spazzola nel foro si deve percepire una certa resistenza; in caso contrario, la spazzola è troppo piccola e deve essere sostituita con una spazzola di diametro adatto.

Lavare nuovamente il foro due volte fino alla fuoriuscita d'acqua pulita.

Importante! Prima di iniettare la resina, rimuovere l'acqua dal foro e soffiare con aria compressa priva di olio, finché il foro non risulti completamente asciutto.

Successivamente continuare la pulizia del foro secondo il Metodo 1.

Regole comportamentali

Per una corretta posa si rinvia alle prescrizioni d'uso del prodotto. L'impresa Appaltante avrà cura di sottoporre per approvazione alla DL ed al Committente le schede tecniche ed i certificati di prodotto.

7 SISTEMA DI "VASCA BIANCA" PER CALCESTRUZZI IMPERMEABILI

Il sistema Vasca Bianca è un sistema la cui finalità è quella di rendere intrinsecamente impermeabile la struttura portante, senza la necessità di alcun trattamento successivo alla realizzazione delle strutture e senza la necessità di utilizzare protezioni e/o guaine esterne. Il materiale base di cui è costituito il sistema è quindi il calcestruzzo. Il mix design da utilizzare viene studiato a tavolino in stretta collaborazione con l'impianto di betonaggio prediligendo limitati rapporti a/c, fusi granulometrici ottimali e riduzione dei quantitativi di cemento con aggiunte minerali (ceneri volanti, pozzolane, etc...).

Il principio di base su cui si fonda il sistema Vasca Bianca è quindi il controllo del comportamento fessurativo del calcestruzzo. Le fessure da ritiro igrometrico infatti, essendo provocate da sforzi di trazione nel calcestruzzo, risultano essere "passanti" e di conseguenza sono la causa principale delle infiltrazioni. La Vasca Bianca gestisce questo tipo di problematica attraverso l'inserimento di opportuni giunti di ripresa o giunti di fessurazione programmata che permettono di sfogare queste tensioni provocando un taglio guidato del materiale e impermeabilizzando contemporaneamente la fessura creata. La struttura viene così suddivisa in campiture che lavorano in maniera completamente autonoma da un punto di vista del comportamento fessurativo ed all'interno delle quali il materiale sarà compatto e conseguenzialmente impermeabile. La scelta di uno o l'altro giunto è funzionale ad esigenze ingegneristiche e pratico/logistiche, quindi dell'avanzamento del cantiere e della capacità di approvvigionamento dell'impianto.

Il sistema dovrà essere realizzato nei settori di struttura evidenziati negli elaborati di progetto da sviluppare in fase di progettazione esecutiva e secondo le fasi indicate nel paragrafo successivo.

7.1 FASI PROCEDURALI PER LA DEFINIZIONE DELLA VASCA STRUTTURALE IN CALCESTRUZZO IMPERMEABILE

7.1.1 Progettazione dei dettagli costruttivi idonei alla tenuta idraulica della vasca nella sua interezza

- Studio delle campiture realizzative in base alle tempistiche di approvvigionamento del calcestruzzo.
- Studio dei giunti dei particolari tipologici significativi, conseguente scelta degli elementi accessori.
- Predisposizione delle tavole specifiche illustrative degli schemi di realizzazione.

7.1.2 Prequalifica del mix design e miscelazione in centrale di betonaggio dell'additivo tipo "PENETRON ADMIX"

- Analisi e prequalifica dei mix design di progetto.
- Verifica della tipologia e contenuto minimo di cemento, di eventuali aggiunte di fini pozzolanici e del fuso granulometrico.
- Analisi delle procedure per una corretta miscelazione dell'additivo tipo "Penetron Admix" nell'impianto di betonaggio.

7.1.3 Supervisione delle fasi di esecuzione dei getti in calcestruzzo

- Realizzazione dei particolari costruttivi di riferimento (elementi accessori di tenuta idraulica).
- Verifica delle "non conformità esecutive" ed eventuale ripristino delle stesse con le procedure di Sistema.
- Assistenza al collaudo di tenuta finale.

7.1.4 Emissione delle garanzie postume con assicurazione decennale

7.2 ADDITIVAZIONE DEL CALCESTRUZZO CON CRISTALLIZZANTE

E' previsto utilizzo di additivo di impermeabilizzazione per cristallizzazione di CLS mediante aggiunta in centrale di betonaggio sul nastro trasportatore degli inerti o nella pesa degli inerti, di additivo cristallizzante in polvere "tipo PENETRON ADMIX", composto da cemento Portland, sabbia silicea e composti chimici reattivi, con dosaggio in ragione dell'1% del peso del cemento del mix design previsto, con un'incidenza minima di 3,60 kg/mc, in modo da ottenere un calcestruzzo impermeabile e reattivo nel tempo tramite il fenomeno del "selfhealing": autocicatizzazione della porosità residua e delle microfessurazioni secondo i valori e le caratteristiche prestazionali dichiarate dall'azienda produttrice e confermate da test ufficiali nazionali ed internazionali. L'additivo dovrà anche essere provvisto di "tracciante" al suo interno per il controllo della corretta additivazione, verificabile in cantiere sul calcestruzzo fresco tramite la caratteristica presenza dell'acqua di bleeding superficiale colorata di verde. La voce comprende il carico in centrale di betonaggio.

In relazione alle temperature e ai tempi di scasso dovrà essere utilizzato, in accordo con la Direzione Lavori Strutturale, un antifessurativo per calcestruzzo tipo NOCRACK Penetron3.

7.3 DISTANZIATORI DI CASSERO

Per la perfetta impermeabilizzazione, si prevede l'utilizzo di distanziatori di cassero tubolare in PVC con abbinata guarnizione anulare in gomma idroespansiva, da utilizzarsi con casseri metallici tipo WS TUBE R Penetron, completi di tappi cilindrici su due lati con guarnizione idroespansiva.

7.4 GIUNTI DI RIPRESA DI GETTO IMPERMEABILI FRA MURI VERTICALI

E' prevista la realizzazione di giunto verticale di ripresa fra muri perimetrali o interni, tipo "WS VERTICAL JOINT Penetron", comprensivi di fornitura e posa in opera di profilo metallico, giunto idroespansivo tipo "WATERJOINT 25.20". Saranno inoltre inserite cannucce di post iniezione Tipo WS VALVE INIECTION Penetron, laddove necessario e nel numero idoneo in base ai dettagli costruttivi forniti dal produttore e validati dalla Direzione Lavori. Nel prezzo sono compresi i profili a cuneo da inserire in cassetta, nonché

la stuccatura mediante boiaccia tipo Penetron Standard e malta cementizia monocomponente fibro rinforzata tixotropica tipo "Mortar Tix Crystal".

7.5 GIUNTI DI RIPRESA TRA PLATEA E MURI PERIMETRALI

E' prevista la realizzazione di giunto orizzontale di ripresa di getto fra platea di fondazione e muri perimetrali comprensivi di fornitura e posa in opera lamierino zincato tipo "WS BLADE o WS BLADE Large Penetron" a profilo tipo "L" di altezza superiore a mm 100, da posare orizzontalmente sull'armatura superiore della platea/fondazioni in mezzzeria rispetto allo spessore dei muri, con sistemi idonei a evitare che si pieghi durante i getti. Dopo il getto saranno inchiodati sulla platea abbinato al lamierino zincato due cordoni idroespansivi "tipo WATERJOINT B25.20 Penetron" a base di bentonite sodica, gomma idroespansiva e speciali polimeri aggreganti (hydrocarbon). Potranno inoltre essere inserite cannuce di post iniezione Tipo WS VALVE INJECTION Penetron, laddove necessario e nel numero idoneo in base ai dettagli costruttivi forniti dal produttore e validati dalla Direzione Lavori

7.6 GIUNTO DI FESSURAZIONE PILOTATA SU MURI PERIMETRALI

E' prevista la realizzazione di giunto di fessurazione pilotata su muri perimetrali, tipo "WS BREAKJOINT", comprensivi di fornitura e posa in opera di profilo metallico, giunto idroespansivo tipo "WATERJOINT 25.20". Saranno inoltre inserite cannuce di post iniezione Tipo WS VALVE INJECTION Penetron, laddove necessario e nel numero idoneo in base ai dettagli costruttivi forniti dal produttore e validati dalla Direzione Lavori. Nel prezzo sono compresi i profili a cuneo da inserire in casseraatura, nonché la stuccatura mediante boiaccia tipo Penetron Standard e malta cementizia monocomponente fibro rinforzata tixotropica tipo "Mortar Tix Crystal".

7.7 SIGILLATURA

E' prevista la realizzazione di sigillatura degli elementi passanti mediante giunto idroespansivo in cartuccia tipo WS FLEX 300 Penetron.

8 CABINA PREFABBRICATA

Prefabbricato con dimensioni corrispondenti a indicazione da elaborati grafici.

La fornitura deve comprendere il trasporto ed il montaggio della stessa, che saranno eseguiti con attrezzature e mano d'opera specializzata.

Il tetto è impermeabilizzato con guaina bituminosa ardesiata armata in poliestere applicata a caldo.

L'armatura interna del prefabbricato, essendo totalmente collegata, crea una vera e propria gabbia di Faraday che protegge le apparecchiature interne dalle sovratensioni atmosferiche e limita a valori trascurabili gli effetti delle Tensioni di passo e di contatto.

La portata della soletta di fondo è garantita fino a 600 Kg/mq. uniformemente distribuiti più un carico concentrato di 3000 kg nella posizione degli scomparti e di 4500 kg nella posizione del trasformatore.

La struttura monoblocco ed il pavimento autoportante consentono lo spostamento con le apparecchiature all'interno ed il completo recupero del manufatto.

Nel pavimento, realizzato a struttura portante, sono previste le aperture per il passaggio dei cavi come indicato nella tabella di unificazione.

Il box perfettamente rifinito dovrà essere consegnato completamente assemblato e pronto per l'utilizzo.

8.1 SPECIFICHE COSTRUTTIVE LOCALE CONSEGNA (ENEL)

Il manufatto sarà costituito da n. 1 box con un vano aventi le seguenti dimensioni:

- Locale ENEL utili interne cm. 230x310x250H
- Spessore pareti 9 cm.
- Dimensioni totali esterne da cm. 248x328x265H

Accessori del manufatto:

- n. 1 porta a due ante in vetroresina di cm. 120x215 unificate ENEL (Tab. DS 919) munite di serratura a spillo;
- n. 1 Griglia in vetroresina omologate ENEL dim. cm. 120x50
- n. 1 Passo d'uomo con botola (plotta) omologata ENEL dim. cm. 100x60 (locale ENEL)
- n. 1 Aspiratore eolici in acciaio inox (locale ENEL) o N°1 Punto luce completo di N°3 plafoniere (locale ENEL) con lampada a risparmio energetico CFL da 30 W ed interruttore bipolare (escluso allacciamenti linea BT)

- 1 Maglia di terra interna (locale ENEL)
- n. 1 set di 3 copricunicoli in fibrocemento di cm. 80x25x2 per aperture MT (locale ENEL)
- Tinteggiatura interna con tempera di colore bianco.
- Rivestimento esterno con vernice plastica ai pigmenti di quarzo (RAL da definire)
- Basamento prefabbricato del tipo "A VASCA" Omologato ENEL, realizzato in calcestruzzo armato $R_{ck} = 44 \text{ N/mm}^2$ (449 Kg/cm²) - LC40/44, altezza utile cm. 50.

8.2 SPECIFICHE COSTRUTTIVE LOCALE MISURE E UTENTE +TRAFO (IRETI)

Il manufatto sarà costituito da n. 1 box con due vani aventi le seguenti dimensioni:

- Spessore pareti 9 cm.
- Locale misura dimensioni utili interne: cm. 230x120x250H
- Locale IRETI+TRAFO dimensioni utili interne cm. 230x409x250H
- Dimensioni totali esterne da cm. 248x454x265H

Accessori del manufatto:

- n. 2 porta a due ante in vetroresina di cm. 120x215 unificate ENEL (Tab. DS 919) munite di serratura a spillo+BLOCCO AREL;
- n. 1 porta a un anta in vetroresina di cm. 60x215 unificate ENEL (Tab. DS 919) munite di serratura a spillo;
- n. 2 Griglie in vetroresina omologate ENEL dim. cm. 120x50
- n. 1 Aspiratore eolico in acciaio inox
- n. 1 Setto in rete metallica
- n. 2 Passo d'uomo con botola (plotta) omologata ENEL dim. cm. 60x60 (locale MISURE+IRETI)
- n. 1 Passo d'uomo con botola (plotta) omologata ENEL dim. cm. 60x60
- Tinteggiatura interna con tempera di colore bianco.
- Rivestimento esterno con vernice plastica ai pigmenti di quarzo (RAL da definire)

- Basamento prefabbricato del tipo "A VASCA" Omologato ENEL, realizzato in calcestruzzo armato $R_{ck} = 44 \text{ N/mm}^2$ (449 Kg/cm²) - LC40/44, altezza utile cm. 50.

8.3 DOCUMENTI DA FORNIRE ALLA STAZIONE APPALTANTE

- Progetto strutturale del box con la relativa documentazione tecnica, come previsto dalla legge n. 1086 del 05-11-1971.
- Disegni architettonici del box;
- Certificato di Origine del box;
- Certificato delle prove eseguite sui materiali di costruzione del box (compressione del calcestruzzo, trazione e torsione del ferro di armatura).

9 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE

9.1 GENERALITA

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_y e di rottura f_t – 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 i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE e 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 norme tecniche per le costruzioni. E 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 10002-1 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 seguenti

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
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

Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
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	-	-
S 460 MH/MLH	460	530	-	-

Laminati a caldo con profili a sezione cava

9.1.1 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 simile.

9.1.2 L'acciaio per strutture saldate

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.

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. E 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 ad 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 seguente.

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	
Riferimento				D
Materiale base: spessore minimo delle membrature	S235, $s \leq 30$ mm S275, $s \leq 30$ mm	S355, $s \leq 30$ mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, $s \leq 30$ 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.

Tabella 1 Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo

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.

9.2 I BULLONI E I CHIODI

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 seguenti.

-	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Tabella 2 Classi di appartenenza di viti e dadi

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate in tabella sono le seguenti:

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

Tabella 3 Tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti

I bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della Tabella 4 (viti e dadi), e devono essere associati come indicato nelle Tabella 2 e Tabella 3

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)
Plastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: temperato e rinvenuto HRC 32+40	

Tabella 4 Bulloni per giunzioni ad attrito

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.

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.

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 $L_0 = 5,65 A_0$, dove A_0 è l'area della sezione trasversale del saggio) ≥ 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: $C \leq 0,18\%$, $Mn \leq 0,9\%$, $S \leq 0,04\%$, $P \leq 0,05\%$.

9.3 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 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, 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.

9.4 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 aggiuntive:

- 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.

9.5 LE PROCEDURE DI CONTROLLO SU ACCIAI DA CARPENTERIA

9.5.1 I controlli in stabilimento di produzione

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, UNI EN 10219-1.

Agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, JO, 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.

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, e 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 una 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 ad una produzione consecutiva relativa ad un periodo di tempo di almeno sei mesi e ad un quantitativo di prodotti tale da fornire un quadro statisticamente significativo della produzione stessa e comunque ≥ 2000 t oppure ad un numero di colate o di lotti ≥ 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.

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.

E 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 ad 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.

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 effettua 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.

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.

9.5.2 I controlli nei centri di trasformazione

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 $t_u.R_d$ della lamiera grecata. La sperimentazione e la 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 nelle 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 che 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.

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.

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 ed 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 4.1 e 4.2 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, essere controllato 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 e fatta eccezione per il marchio di qualificazione, non sempre presente sugli acciai da carpenteria, per il quale si potrà fare riferimento ad 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.

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.

9.5.3 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.

9.6 MODALITÀ REALIZZATIVE MANUFATTI STRUTTURALI IN ACCIAIO

Oggetto della fornitura

La fornitura comprenderà:

- Rilievo dello stato di fatto al fine di determinare e verificare le possibili interferenze delle opere previste in progetto, con le strutture e gli impianti esistenti e con le opere previste in progetto.
- Disegno d'assieme con marche di tutti gli elementi costituenti la struttura;
- Disegni di dettaglio (particolari costruttivi) di tutti gli elementi con le proprie caratteristiche di dettaglio, le forature e tutte le necessarie soluzioni al fine di risolvere le interferenze determinate eseguito a seguito del rilievo;
- Calcoli statici;
- Calcolo e sviluppo dei giunti bullonati e/o saldati, sulla base del momento e del taglio alle estremità degli elementi da giuntare, come risulta dai calcoli statici forniti dalla Committente e in accordo alla standardizzazione dell'Appaltatore;
- Materiali, lavorazione e preassiematura d'officina, marcatura, imballaggio, carico, trasporto e montaggio;
- Trattamento delle superfici come indicato in seguito;
- Bulloni, dadi e rondelle per il fissaggio delle apparecchiature alle strutture oltre a quelli necessari alle giunzioni di forza e/o di montaggio;
- Liste dei materiali con pesi relativi e totali, per ogni complesso strutturale.

Qualità e caratteristiche dei materiali

Il materiale sarà acciaio tipo "S275" secondo EN 10025-2 e S275H secondo EN 10210-1.

I bulloni per le giunzioni principali saranno ad alta resistenza tipo 8.8 UNI 5712 con dadi ad alta resistenza tipo 6S UNI 5713. I bulloni per le giunzioni secondarie saranno normali tipo 5.6 UNI 5727 con dadi normali tipo 5D UNI 5592.

Le caratteristiche dei materiali dovranno essere garantite dai seguenti documenti, definiti e prescritti dalla norma UNI 5447-64.

- a) Certificato di conformità all'ordinazione, per profilati di altezza inferiore a 200 mm;
- b) Certificato di controllo per profilati di altezza superiore a 200 mm. Il certificato di controllo (v. UNI citata) e un documento col quale il produttore certifica che i prodotti forniti sono conformi a quanto citato nell'ordine e nel quale egli fornisce i risultati di tutte le prove prescritte che sono state effettuate su campioni prelevati dai prodotti forniti.

Tutti i materiali saranno esenti da difetti di qualsiasi genere conseguenti alla movimentazione interna od esterna all'officina.

Norme di esecuzione dei lavori

I lavori saranno eseguiti in conformità alle prescrizioni della Committente.

L'Appaltatore svilupperà i calcoli statici ed i disegni esecutivi dimensionati correlati degli standards necessari. I disegni d'assieme dell'Appaltatore, come al punto precedente, dovranno essere approvati dalla Committente prima dell'inizio della prefabbricazione.

E' responsabilità del solo Appaltatore l'esecuzione del lavoro; l'approvazione della Committente ai disegni d'assieme e al progetto delle giunzioni, prodotti dall'Appaltatore, non esonerano lo stesso dalle sue responsabilità in merito alla stabilità dell'opera per la parte di progettazione di sua competenza. Questi dovrà corredare calcoli e disegni, firmati da ingegnere/architetto iscritto all'albo, della documentazione necessaria per la presentazione alle autorità competenti.

I disegni e calcoli dell'Appaltatore dovranno riportare in evidenza il numero, il titolo e la revisione del disegno della Committente al quale si riferiscono.

Il disegno d'assieme, prodotto dall'Appaltatore, dovrà riportare l'elenco dei disegni di dettaglio (con titolo e numero) nei quali sono mostrati tutti gli elementi strutturali marcati rappresentati sul disegno d'assieme stesso.

In caso di revisione dei disegni, l'Appaltatore dovrà ri-sottoporre per approvazione sia il disegno d'assieme, sia i disegni di dettaglio che hanno subito modifica. L'oggetto della modifica sarà evidenziato sia sulla parte disegnata, sia sull'elenco dei disegni di dettaglio, sia sui disegni di dettaglio stessi.

Qualora l'Appaltatore non disponesse di un proprio ufficio tecnico ma intendesse avvalersi di uno studio tecnico esterno per la produzione di calcoli e disegni, tale studio tecnico dovrà essere qualificato dalla Committente ed approvato prima dell'inizio dei lavori.

La marcatura di ciascun elemento costituente una struttura sarà riferita al numero di disegno dell'Appaltatore in cui l'elemento è rappresentato; gli elementi relativi ad uno stesso disegno saranno contrassegnati con il numero del disegno, seguito dal numero caratteristico di ogni elemento; i numeri caratteristici saranno in ordine progressivo.

La marcatura sarà riportata a cura dell'Appaltatore anche su copie trasparenti dei disegni da spedire alla Committente.

Ogni elemento costituente parte staccata, anche se composto di più pezzi preventivamente assiemati in officina, dovrà avere una marcatura propria.

La lista dei materiali, eseguita a cura dell'Appaltatore, dovrà essere consegnata insieme alla prima emissione dei disegni d'assieme per approvazione.

Sara a carico dell'Appaltatore l'onere di sviluppare i disegni dei paiolati ed eseguire schizzi e/o disegni per la prefabbricazione in officina, e l'indicazione del tipo di fissaggio dei grigliati e/o lamiere in genere, tenendo in conto le indicazioni riportate sulla documentazione di appalto.

Nell'esecuzione dei lavori di prefabbricazione si osserveranno le prescrizioni previste dalla Legge 5.11.1971 n°1086 (norme per la disciplina delle opere in strutture metalliche) e ai successivi decreti ministeriali.

La qualifica dei procedimenti di saldatura e la qualifica dei saldatori saranno in accordo alle prescrizioni del "Structural Welding Code AWS D1.1" ultima edizione.

L'Appaltatore è obbligato a verificare la corrispondenza tra quanto specificato nei disegni e/o Capitolato emessi dalla Committente e le norme e i regolamenti applicabili. Ogni discrepanza dovrà essere portata all'attenzione della Committente per le opportune azioni correttive. In ogni caso il progettista e l'Appaltatore se ne rendono responsabili e ogni successiva modifica sarà a carico dell'Appaltatore.

Fabbricazione

Le connessioni fra i vari componenti le strutture dovranno essere saldate o bullonate conformemente quanto richiesto nel Capitolato.

Lamiere striate e grigliati saranno tagliati a misura in officina. I grigliati saranno forniti di fermagriglie bullonati. I grigliati saranno zincati, (zincatura a caldo secondo norme UNI 5744, spessore minimo 600 g/m²). I giunti tra le lamiere o tra i grigliati non debbono cadere fuori delle travi di sostegno. Dovrà essere eliminata ogni irregolarità superficiale degli elementi lavorati (lambi taglienti, sbavature, spigoli acuminati, etc.). Tutti i cordoni di saldatura saranno accuratamente puliti da qualsiasi residuo di scoria.

Le marcature dovranno essere eseguite mediante punzonatura. Le marcature mediante verniciatura non sono accettate. Il contrassegno di marcatura dovrà contenere il numero del disegno a cui si riferisce e la marca del pezzo stesso. Dette marcature dovranno essere contornate con un riquadro in vernice bianca, in modo che risultino facilmente reperibili in cantiere.

In caso di costruzione di più di un complesso strutturale, i contorni delle marcature dovranno essere di colore diverso. Al fine di assicurare la regolarità di montaggio delle strutture in cantiere, prima della loro consegna saranno eseguite in officina prove di assiematura, più complete possibili, in accordo a quanto previsto nel punto successivo.

Tutti i collegamenti dovranno potersi effettuare in forma provvisoria mediante imbastitura con bulloni o spinotti, in modo da consentire che i vari elementi vengano allocati nella esatta posizione. Gli elementi di imbastitura saranno dimensionati a cura dell'Appaltatore.

Posizione e diametro dei fori di montaggio dovranno essere tali da consentire l'assiematura senza dover effettuare operazioni supplementari in cantiere, come forature, o alesature e simili. Nella fornitura sono compresi bulloni, dadi e rondelle di montaggio necessari, con una eccedenza di almeno il 5% sul fabbisogno.

Salvo contraria prescrizione le strutture saranno consegnate nel più avanzato stato di prefabbricazione, compatibile con la scelta dei mezzi di trasporto, in ogni caso tale da favorire la realizzazione di un rapido montaggio di cantiere.

Le connessioni eseguite nello stadio di prefabbricazione potranno essere saldate, salvo diversa indicazione sui disegni, e sempre su approvazione della Committente.

Finitura superficiale

Le strutture in carpenteria metallica dovranno essere:

- Sabbiare e trattate con applicazione di apposito primer antiruggine

Operazione di sabbiatura consiste nella rimozione rapida di scaglie di laminazione staccate, di ruggine staccata, di vecchia pittura staccata ed altre eventuali sostanze estranee e dannose. L'operazione verrà effettuata mediante apposite apparecchiature e dovrà essere seguita da spolveratura con getto d'aria compressa secca e pulita o con scopini di saggina.

La bulloneria sfusa sarà racchiusa in casse indicanti in almeno due punti con vernice resistente all'acqua, il numero del disegno della Committente, il tipo e la qualità dei bulloni contenuti; di norma ogni cassetta dovrà contenere un unico tipo di bullone.

Ispezioni e collaudi

Durante il corso del lavoro e prima del trasporto del materiale in cantiere, gli elementi della fornitura saranno ispezionati dalla Direzione Lavori che accerterà:

- la rispondenza dei materiali come caratteristiche meccaniche e chimiche;
- la rispondenza dimensionale dei singoli materiali usati;
- la rispondenza dimensionale della struttura nel suo insieme;
- l'idoneità dei saldatori addetti al lavoro mediante le prove di qualificazione;
- la corretta esecuzione delle connessioni (saldate e/o bullonate);
- il grado di preassiematura;

- la corretta esecuzione della preparazione superficiale;
- la corretta esecuzione della marcatura dei pezzi,
- la corretta esecuzione dell'imballaggio e della preparazione alla spedizione.

I singoli controlli avverranno sulla falsariga di quanto riportato nei paragrafi seguenti.

Controlli sui materiali

I materiali dopo che siano stati approvvigionati e, prima di qualsiasi lavorazione, saranno sottoposti ad ispezione presso lo stabilimento dell'Appaltatore: l'ispezione sarà effettuata, a seguito di segnalazione dell'Appaltatore dell'avvenuto arrivo del materiale, dalla D.L., la quale farà sui materiali gli accertamenti atti a stabilire l'idoneità dei materiali stessi; esaminerà i certificati di prova esibiti dall'Appaltatore e potrà richiedere eventuali prove supplementari che ritenesse necessarie; tale ulteriori prove saranno a carico dell'Appaltatore.

Altri controlli

Nel corso delle visite la D.L. eseguirà controlli visivi sulla qualità della fabbricazione e dell'esecuzione delle connessioni: in particolare verrà controllata la corretta esecuzione delle sagomature e delle forature, delle saldature, della preparazione superficiale, delle marcature. Le saldature, ove richiesto dal Capitolato, saranno sottoposte a controlli non distruttivi per verificarne l'idoneità. La primerizzazione, ove richiesta, sarà esaminata per verificarne continuità e spessore, e per accertare che le operazioni di preparazione all'imballaggio non vengano iniziate prima del completo essiccamento degli strati protettivi applicati.

Lavori di montaggio

Le prescrizioni tecniche indicate nella presente specifica, non manleveranno l'Appaltatore dalle responsabilità e conseguenze derivategli dalla esecuzione delle opere a lui affidate.

Per quanto riguarda le opere vive da eseguire in cantiere per predisporre le attrezzature di sollevamento, l'Appaltatore fornirà alla Direzione Lavori, la lista dettagliata delle attrezzature principali, quali grosse gru mobili, gru fisse e scorrevoli, argani, falconi o derrick e simili.

Per quanto concerne l'impiego delle gru semoventi (autocarrate e a cingoli) l'Appaltatore indicherà i percorsi e le aree operative previste per questi mezzi.

La Direzione Lavori fornirà le indicazioni relative alla portanza ed allo stato del terreno che l'Appaltatore terrà in conto nel decidere circa l'opportunità di impiego di un certo tipo di macchina. Se non disposto diversamente, qualsiasi opera temporanea necessaria alla viabilità dei mezzi (ad esclusione delle strade principali e definitive) sarà a carico dell'Appaltatore.

La Committente e la Direzione Lavori non potranno essere ritenute responsabili per danni derivati

all'Appaltatore e/o da questi procurati ad altri, nel caso che le condizioni del terreno non siano state tenute in conto prima di eseguire il lavoro.

Per quanto concerne l'impiego di falconi e/o derrick e dei relativi argani, l'Appaltatore sottoporrà all'esame e all'approvazione della Direzione Lavori, uno studio dettagliato della sistemazione di dette attrezzature nell'area dell'impianto e indicherà le manovre previste per il sollevamento della apparecchiature facenti parte dell'impianto. L'Appaltatore indicherà dettagliatamente la posizione degli stralli (venti) di sostegno dei falconi e dei derrick, gli sforzi sulle funi degli stralli (venti) e su quelle di tiro nonché le dimensioni, le posizioni, i momenti e le spinte gravanti sulle fondazioni dei falconi e degli argani.

Indicherà pure le dimensioni e i pesi dei corpi morti d'ancoraggio degli stralli (venti).

Saranno a totale carico dell'Appaltatore tutte le spese di trasporto in opera e d'installazione di dette attrezzature nonché le spese per lo smontaggio e trasporto a fine lavori, ivi comprese le spese per l'esecuzione delle fondazioni necessarie e la loro demolizione e/o rimozione a fine lavori.

L'approvazione della Direzione Lavori dei progetti relativi all'installazione dei falconi non solleva l'Appaltatore da alcuna responsabilità nel caso si verificassero incidenti e pertanto le spese per risarcimento di danni procurati dalle sue attrezzature ad opere, esistenti all'atto dell'incidente, saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Prima di iniziare la manovra di sollevamento, l'Appaltatore dovrà eseguire le seguenti verifiche e lavori preparatori:

- Controllare gli assi e l'elevazione della fondazione sulla quale si dovrà montare la struttura;
- verificare che i bulloni di fondazione siano stati correttamente montati, per quanto riguarda il posizionamento, il numero, il cerchio bulloni, il diametro dei bulloni e la sporgenza dalla fondazione, la lunghezza delle filettature e la buona scorrevolezza delle rondelle e dei dadi di bloccaggio;
- provvedere ad una buona lubrificazione delle filettature dei bulloni e dei dadi;
- verificare che la quota d'elevazione misurata sulla piastra di ancoraggio sia corretta (DIMA);
- verificare che tutte le parti dell'attrezzatura di sollevamento siano in ottima efficienza e che tutto sia predisposto in modo che la manovra venga completata nel più breve tempo possibile e che comunque nella giornata di inizio della stessa.

Montaggio di strutture metalliche

Durante l'installazione dei diversi pezzi e/o elementi prefabbricati delle strutture metalliche si dovrà fare attenzione alla verticalità delle colonne di sostegno, all'elevazione del piano di posa ed alla posizione in pianta, ad evitare possibili, ma necessarie demolizioni che potrebbero rendersi necessarie in seguito, per compensare o rimediare ad errori d'installazioni non accettabili.

Nei disegni di montaggio sarà specificato se i giunti tra le travi sono del tipo bullonato, saldato o misto.

Nel caso si dovessero impiegare saldatori elettrici, prima di iniziare i lavori, tutti i saldatori dovranno aver superato gli esami di qualifica previsti per i saldatori di lamiera.

Evitare nei limiti del possibile, l'esecuzione in quota di collegamenti saldati testa a testa e comunque l'esecuzione di saldature in posizione sopra testa.

I piani delle piattaforme, siano essi realizzati con lamiera che con grigliato, dovranno avere attorno a tutte le aperture una lamiera parapiede. Detta lamiera sarà saldata sulla lamiera o sul grigliato delle piattaforme.

Le lamiere salvapiede potranno essere fornite all'Appaltatore sotto forma di ferri piatti commerciali legati in fasci.

Sarà cura dell'Appaltatore eseguire le misurazioni, i tagli e le installazioni, in accordo a quanto richiesto sui disegni di montaggio.

L'Appaltatore installerà pure le scale (inclinate e/o alla marinara) i mancorrenti, gli scalini, le monorotaie nonché la copertura e la tamponatura realizzate con lamiere metalliche e comunque tutto quanto necessario per rendere le strutture funzionali e complete.

L'Appaltatore provvederà alla riparazione dei danni, provocati durante il trasporto, ai materiali prefabbricati, da lui forniti.

Modalità esecutive delle unioni bullonate

Tutte le giunzioni delle strutture metalliche, oggetto della presente specifica, saranno di due tipi:

- unioni ad attrito;
- unioni per contatto.

E' vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione di fori per bulloni. I pezzi destinati ad essere bullonati in opera dovranno essere marcati in modo da poter riprodurre nel montaggio definitivo le posizioni stesse che avevano in officina all'atto dell'alesatura dei fori. Non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del giuoco forobullone. Entro tale limite e opportuna la regolarizzazione del foro con utensile adatto. L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Il serraggio dei bulloni potrà esser fatto mediante chiavi dinamometriche a mano come specificato al punto seguente.

I bulloni potranno essere serrati con chiave a mano e a percussione fino a quando saranno poste a contatto le lamiere interposte fra testa e dado. Si darà poi una rotazione al dado compresa fra 90° e 120° con tolleranze di 60° in più.

Le superfici di contatto al montaggio si dovranno presentare pulite, prive cioè di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

Di regola la pulitura dovrà essere eseguita con sabbiatura; e ammessa la semplice spazzolatura delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera.

Le giunzioni calcolate con $\eta = 0,45$ dovranno essere sabbiate a metallo bianco.

Nei giunti flangiati dovranno essere particolarmente curate la planarità ed il parallelismo delle superfici di contatto.

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata; tutte peraltro dovranno essere tali da garantire una precisione non minore di 5%.

Durante il serraggio è opportuno procedere come segue:

a) Serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60% della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni;

b) ripetere l'operazione, come più sopra descritto, serrando completamente i bulloni.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuando in uno dei seguenti modi:

a) si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;

b) dopo aver marcato il dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado dovrà 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 dovranno essere controllati. Di regola il montaggio in opera dovrà essere effettuato con l'ausilio di bulloni provvisori. I dadi dei bulloni definitivi dovranno essere serrati a fondo.

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.

I giunti ad attrito dovranno essere accuratamente protetti non appena completato il serraggio definitivo, verniciando i bordi dei pezzi a contatto, le rosette, la testa e il dado del bullone, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

Prove e qualifiche

Tutti i saldatori ed i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati e le prove saranno fatte in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 4634.

Gli elettrodi che l'Appaltatore intende impiegare nei diversi lavori dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori che potrà richiederne la qualificazione o quanto meno richiederà il bollettino degli esami tecnologici e chimici a cui quella partita di elettrodi è stata sottoposta.

Collaudi

Il collaudo delle strutture metalliche e delle piattaforme e scala e per apparecchiature, consisterà in:

- controllo dimensionale della costruzione
- verifica della qualità delle saldature
- controllo della verticalità ed allineamento delle colonne montanti
- controlli richiesti dalle autorità competenti in forza delle leggi vigenti relative alle strutture metalliche.

Centri di trasformazione

Si definisce centro di trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi di base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc...) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

Qualunque azienda che voglia essere considerata un centro di trasformazione deve essere attestata dal servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, in particolare deve quindi:

- possedere un sistema di gestione della qualità UNI EN ISO 9001:2000 certificato da parte di un organismo terzo indipendente, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006;
- nominare il Direttore Tecnico dello stabilimento che opererà secondo il disposto dell'art. 64, comma 3, del DPR 380/01;
- dichiarare al Servizio Tecnico Centrale (STC) la propria attività.

Un centro di trasformazione può ricevere, e quindi lavorare, solo prodotti qualificati all'origine corredati dall'apposita documentazione, quindi solo prodotti con marcatura CE.

La D.L. è tenuta a verificare, e quindi a rifiutare in caso di mancanze, che ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati e preassemblati sia corredata delle seguente documentazione:

- dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal STC, 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 STC, con l'indicazione dei giorni nel quale la fornitura è stata lavorata. Qualora la D.L. lo richieda potrà seguire all'attestazione di cui sopra una copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata fatta.

Si ricorda che, la marcatura CE delle strutture in acciaio e alluminio ai sensi della norma UNI EN 1090-1 è diventata cogente dal 1° Luglio 2014. Da tale sarà possibile immettere sul mercato tali prodotti solo dopo averli caratterizzati attraverso l'effettuazione delle prove iniziali di tipo, e dopo aver implementato il controllo della produzione in fabbrica (FPC), verificato da un ente notificato CPR.

Oneri ed obblighi dell'appaltatore

Gli oneri indicati in questa specifica sono a totale carico dell'Appaltatore che li accetta e si impegna a soddisfarli in quanto inclusi nei prezzi contrattuali:

- Tutti gli oneri conseguenti alle applicazioni di norme di legge, specifiche tecniche, disegni e/o documenti contrattuali anche se non specificatamente richiamati, ma applicabili per consuetudine e/o perchè richiesti dalle autorità locali e/o governative;
- l'onere, le spese e la responsabilità della condotta dei lavori in accordo con le vigenti disposizioni di legge, e con quanto richiesto dalla Committente in materia di disciplina ed organizzazione sul lavoro e con particolare riguardo con quanto richiesto in materia d'igiene e sicurezza sul lavoro;
- l'onere e la spesa per la preparazione ed il mantenimento della documentazione di cantiere necessaria per tutti gli adempimenti di legge, inclusi i certificati delle prove di laboratorio su campioni dei materiali, da consegnare al Genio Civile;
- tutti gli oneri inerenti la fornitura dei materiali, compreso carico trasporto e scarico degli stessi presso le aree di lavoro o aree di stoccaggio/assiematura e tutte le successive movimentazioni;
- gli oneri particolari eventualmente derivanti dall'eseguire i lavori in aree sottoposte a vincoli di esercizio e/o in prossimità di strutture esistenti;
- l'onere e le spese per trasporto del materiale di risulta alle apposite discariche indicate dalla Committente;
- l'obbligo di non apportare alcuna variazione a quanto descritto nei documenti contrattuali senza preventiva autorizzazione scritta della Committente;
- l'obbligo, se richiesto dalla Committente, di installazione di segnaletica provvisoria diurna e notturna per la delimitazione dei lavori. Mantenimento in perfetta efficienza della suddetta segnaletica;
- l'obbligo di assumere tutte le cautele necessarie alla corretta e non pericolosa esecuzione dei lavori;
- l'obbligo di comunicare con tempestività alla Committente, che assumerà i provvedimenti del caso qualsiasi anomalia od inconveniente sorti nel corso del lavoro;
- i materiali di consumo per la esecuzione dei lavori come:
 - piastrine di livellamento

- malta cementizia di tipo antiritiro, per l'inghisaggio
- spessori di fondazione
- ponteggi
- strutture provvisorie necessarie all'esecuzione del montaggio
- distribuzione di acqua, energia elettrica;
- Personale, materiali di consumo e attrezzature in numero e quantità tali da consentire la esecuzione dei lavori a regola d'arte entro i termini previsti;
- custodia e guardiana dei materiali da montare; ripresa dei materiali del deposito o trasporto a pie d'opera;
- opere antinfortunistiche in conformità alle vigenti leggi connesse con la esecuzione dei lavori affidati al montatore;
- pulizia delle superfici delle strutture, dei coprigiunti e delle eventuali imbottiture nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza;
- ritocchi sulla pitturazione eseguita in officina in zone danneggiate ed in corrispondenza delle giunzioni effettuate in cantiere;
- pulizia periodica del cantiere;
- obbligo di dimostrare con patentini validi o con adatte prove d'arte l'idoneità dei saldatori impiegati;
- riparazioni ed eliminazioni di difetti riscontrati durante le ispezioni ed i collaudi quando tali difetti eccedano le tolleranze prescritte;
- sgombero del cantiere, a lavori ultimati, da attrezzature, detriti, materiali residui di proprietà del montatore.

9.7 ZINCATURA

Zincatura per immersione a caldo secondo UNI 5744/66 - EN 10147.

Quantità minima di zinco: 500 g/m² per profilati e piatti; 375 g/m² per dadi e bulloni. Nel caso di imperfezioni o danneggiamenti della zincatura a caldo si provvederà ad un ripristino con ripresa di zincante inorganico a solvente, con spessore del film secco di 70 micron.

La preparazione delle superfici degli elementi metallici avviene attraverso sabbiatura a metallo bianco Sa3 secondo SSPC-SP5.

Caratteristiche della zincatura a caldo

La zincatura dovrà essere preceduta dalla preparazione delle superfici consistente in: sgrassaggio, lavaggio, decapaggio, lavaggio, flussaggio ed essiccamento.

Lo zinco da impiegare nel bagno dovrà essere almeno di qualità Zn 99.9 secondo UNI 2013/74.

Lo strato di zinco dovrà presentarsi uniforme ed esente da incrinature, scaglie, scorie ed analoghi difetti. Esso dovrà aderire tenacemente alla superficie del metallo base.

Il controllo sarà effettuato in base alla CEI 7-6.

Sulle parti filettate, dopo la zincatura, non si dovranno effettuare ulteriori operazioni di finitura a mezzo utensile ad eccezione della filettatura dei dadi che dopo la zincatura dovranno potersi avvitare agevolmente ai rispettivi bulloni. Rosette elastiche, spinotti, colletti filettati e bulloni non dovranno aver subito deformazioni od alterazioni delle loro caratteristiche meccaniche.

9.8 OPERE DA FABBRO

Sarà a carico dell'Appaltatore lo sviluppo dettagliato esecutivo di cantiere redatto in conformità alle leggi vigenti e redatto da professionista abilitato delle opere metalliche con valenza architettonica ma con funzioni portanti, nel caso fossero fornite solo a livello descrittivo nel presente capitolato.

Il tipo di profilati, le sezioni ed i particolari costruttivi dovranno comunque garantire l'assoluta indeformabilità, il perfetto funzionamento, la durata e l'incorrodibilità.

Tutti gli elementi in acciaio ed in ferro delle forniture oggetto dell'appalto dovranno subire un trattamento di decapaggio o sabbiatura commerciale, oppure analoghi trattamenti atti a garantire la perfetta aderenza della verniciatura e della protezione, con una mano di antiruggine.

Tutte le opere, ad eccezione di quelle già trattate con zincatura, dovranno essere rese in opera con una mano di antiruggine (a base di clorocaucciù), salvo diversamente disposto dalla D.L. su cui verrà realizzata la successiva finitura.

Tutti i metalli dovranno essere lavorati con regolarità di forme e dimensioni; i tagli potranno essere eseguiti a cesoia o ad ossigeno; quelli in vista dovranno essere rifiniti con la smerigliatrice.

I fori per viti o bulloni dovranno sempre essere eseguiti con il trapano.

Le unioni dei vari elementi componenti le strutture o i manufatti potranno essere realizzate mediante saldatura se eseguite in officina, o mediante bullonatura se eseguite in opera.

Unioni saldate

Potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, o con procedimenti automatici ad arco sommerso, o sotto gas protettivo, o con altri procedimenti previamente approvati dal Direttore dei Lavori.

In ogni caso i procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore, praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base.

La preparazione dei lembi da saldare sarà effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi, al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie delle saldature dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con materiale di base.

Unione con bulloni

Saranno eseguite mediante bullonatura, previa perfetta pulizia delle superfici di combaciamento mediante sgrassaggio, fiammatura o sabbiatura a metallo bianco, secondo i casi.

Nelle unioni con bulloni normali, in presenza di vibrazioni o di inversioni di sforzo, si dovranno impiegare controdadi oppure rosette elastiche; nelle unioni ad attrito le rosette dovranno avere uno smusso di 45° in un orlo interno ed identico smusso sul corrispondente orlo esterno, smussi che dovranno essere rivolti, in montaggio, verso la testa della vite o verso il dado.

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata; tutte comunque dovranno essere tali da garantire una precisione non minore del 5%.

10 SCAVI E RINTERRI

10.1 GENERALITÀ

Gli scavi sono eseguiti fino alla quota inferiore del getto di sottofondazione. La profondità degli scavi subisce variazioni all'interno della zona di cantiere, come indicato nel progetto. È pertanto posta particolare attenzione alla realizzazione dei dislivelli da eseguire.

Lo scavo deve essere effettuato rispettando le seguenti indicazioni:

- Sono inclusi la rimozione e il trasporto di terreni di qualsiasi natura e materiale, compreso l'eventuale demolizione e rimozione di trovanti;
- Gli scavi sono da eseguire esclusivamente a mano o con mezzi meccanici;
- Il fondo dello scavo deve essere compattato secondo le indicazioni del progetto;
- Sono da effettuare scavi campione dove previsto dai documenti di progetto, per prove in sito ed analisi di laboratorio;
- Lo scavo deve essere eseguito in accordo con il piano di scavo e con il progetto, avendo cura di arrestarsi a 15cm dalla minima quota di scavo prevista; gli ultimi 15cm possono essere rimossi non prima di 24 ore dal getto del magrone per la realizzazione delle fondazioni.

I dislivelli tra la platea di fondazione o i ribassamenti a plinto o a trave di fondazione, in corrispondenza degli elementi di elevazione, saranno realizzati mediante scarpate con inclinazione di 45°.

L'Appaltatore deve adottare i mezzi e le tecniche che ritiene più opportune per l'allontanamento e lo smaltimento delle acque, indipendentemente dalla loro provenienza, che possono presentarsi nelle aree di lavoro. La metodologia di allontanamento deve essere preventivamente condivisa con la Direzione Lavori e da essa approvata.

Per il rinterro si usa il materiale dello scavo che deve essere vagliato prima della posa. La posa del materiale è da realizzare con strati di spessore massimale di 30cm. Si esegue la compattazione del terreno con una piastra vibrante e rullo compattatore o simile, con un numero minimo di passaggi da garantire che $E_v2/E_v1 \leq 2,0$ con $E_v1 \geq 80.000 \text{ kN/m}^2$.

Il materiale di scavo, le cui caratteristiche sono ricavabili dalle relazioni geologiche e geotecniche a disposizione, è tale da garantire la compattazione come indicato.

Nel caso in cui non si raggiungano i risultati richiesti è a cura dell'impresa appaltante prendere adeguati provvedimenti, ad esempio aggiunta di materiale legante (riciclato edile), acqua etc., affinché si raggiungano i risultati richiesti.

Sono da effettuare prove di carico su piastra ogni 1000m² di superficie compattata su ogni strato.

Nel caso in cui fossero presenti scavi di terreno (dopo demolizione fabbricati, BOB, etc) con profondità maggiore rispetto alla quota di imposta delle fondazioni, realizzare riempimento con magrone fino alla quota di imposta delle fondazioni.

10.2 TOLLERANZE

Sono consentite le seguenti tolleranze:

Scavi	
scostamento planimetrico	± 10cm
scostamento altimetrico	± 5cm

11 LAVORI IN TERRA

11.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

Le presenti DTC "Lavori in terra" si applicano alla rimozione, al caricamento, al trasporto, alla stesa in opera ed al costipamento di terreni e materiale roccioso.

Esse si applicano anche per:

- l'estrazione di terreno e di roccia in falda freatica o in zone riparie sotto il livello dell'acqua, quando questi lavori vengono eseguiti in concomitanza con l'estrazione di terreno e roccia eseguiti da terra;
- la vagliatura ed al trattamento del terreno e della roccia per la loro utilizzazione nelle opere geotecniche in genere;
- i lavori geotecnici con materiali riciclati, sottoprodotti industriali nonché altri materiali;
- per lavori in terra eseguiti in concomitanza con lavori contemplati nelle:
- DTC "Collettori di fognatura e connessioni di scarico"
- DTC "Condotte in pressione interrate e fuori terra"
- DTC "Opere di drenaggio e di dispersione delle acque"
- DTC "Sistemi di cavi e di tubi per linee interrate"
- Condotte ai sensi delle DTC "Lavori in terra" sono condotte e canali di scarico, condotte in pressione, cavi, canalette per cavi e guaine di protezione.

11.2 MATERIALI, ELEMENTI COSTRUTTIVI; TERRENI E ROCCE

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue.

11.2.1 Generalità

- Il terreno e la roccia di risulta eccedenti non diventano proprietà dell'appaltatore.
- Non fa parte della prestazione la fornitura di terreno e roccia.
- Se il terreno e la roccia devono essere forniti dall'appaltatore, la fornitura comprende anche lo scaricamento a piè d'opera ed il deposito in cantiere.

11.3 DESCRIZIONE DEL TERRENO E DELLA ROCCIA

Per le indagini, l'identificazione e la descrizione dei terreni e delle rocce valgono in particolare le seguenti norme tecniche:

- D.M. delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni e D.M. 17.01.2018 – "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. Infrastrutture e trasporti 31 Luglio 2012 Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
- UNI EN 1610 Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura
- UNI EN 1997-1 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1997-2 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN 13383-1 Aggregati per opere di protezione - Specifiche
- UNI EN 13383-2 Aggregati per opere di protezione – Metodi di prova
- UNI EN ISO 14688-1 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione
- UNI EN ISO 14688-2 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione
- UNI EN ISO 14689-1 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione delle rocce - Identificazione e descrizione
- UNI CEN ISO/TS 17892-1 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 1: Determinazione del contenuto d'acqua
- UNI CEN ISO/TS 17892-2 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 2: Determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine
- UNI CEN ISO/TS 17892-3 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi – Metodo del picnometro
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico

- UNI CEN ISO/TS 17892-6 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 6: Prova con la punta conica
- UNI CEN ISO/TS 17892-7 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine
- UNI CEN ISO/TS 17892-8 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata
- UNI CEN ISO/TS 17892-9 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 9: Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 10: Prove di taglio diretto
- UNI CEN ISO/TS 17892-11 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 11: Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile
- UNI CEN ISO/TS 17892-12 Indagini e prove geotecniche – Prove di laboratorio sui terreni – Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg
- UNI EN ISO 22475-1 Indagini e prove geotecniche - Metodi di campionamento e misurazioni sull'acqua del sottosuolo - Parte 1: Principi tecnici per l'esecuzione
- UNI EN ISO 22476-2 Indagini e prove geotecniche – Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica
- UNI EN ISO 22476-3 Indagini e prove geotecniche – Prove in sito - Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test)
- UNI CEN ISO/TS 22476-10 Indagini e prove geotecniche – Prove in sito - Parte 10: Prova di penetrazione sotto peso
- UNI CEN ISO/TS 22476-11 Indagini e prove geotecniche – Prove in sito - Parte 11: Prova con dilatometro piatto

11.3.1 Descrizione e classificazione di altri materiali

Materiali di riporto ed altri materiali, per esempio i materiali riciclati, sottoprodotti industriali, rifiuti, vengono identificati e classificati per quanto possibile secondo i criteri del punto "N capitolo".2.2. Altrimenti i materiali vengono descritti in dettaglio in base alle caratteristiche rilevanti per l'impiego nei lavori geotecnici.

11.4 ESECUZIONE

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi

tipologia", vale quanto segue

11.4.1 Generalità

- La scelta della procedura esecutiva e dello svolgimento dei lavori nonché la scelta del tipo e dell'impiego dei mezzi d'opera sono riservate all'appaltatore.
- Nel corso delle proprie verifiche l'Appaltatore dovrà formulare le proprie obiezioni in particolare nei seguenti casi:
 - insufficiente portanza o stato del terreno
 - condizioni ambientali non idonee (vedi punto "N capitolo".3.11)
- Le costruzioni soggette a rischio vanno protette. Per la predisposizione delle misure di protezione e di sicurezza vanno osservate le prescrizioni dei proprietari o di altre persone legittimate. Tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Qualora la posizione di tubazioni, cavi, drenaggi, canali, capisaldi, ostacoli e costruzioni di altro tipo non può essere indicata prima dell'esecuzione dei lavori, essa va rilevata in sito. Le misure occorrenti costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Qualora si ritrovino cavità o ostacoli imprevisti, per es. condotte, capisaldi, residui di costruzioni, il committente o i suoi incaricati (Direttore dei Lavori e Coordinatore della Sicurezza) ne dovranno essere informati immediatamente. Le misure da prendere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).

Qualora si debba presumere che gli ostacoli siano costituiti da ordigni bellici, i lavori dovranno essere immediatamente sospesi ed essere informati le autorità competenti ed il Committente.

L'Appaltatore dovrà eseguire tutte le misure di sicurezza e di protezione. Le prestazioni per le misure di sicurezza costituiranno prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- In prossimità di alberi, piantagioni ed aree a verde da conservare, i lavori vanno eseguiti con la debita cura.
- Gli alberi, le piantagioni e le aree a verde soggette a danneggiamento vanno protette secondo le indicazioni della norma DIN 18920 "Tecnica agraria nella sistemazione paesaggistica – Protezione di alberi, piantagioni ed aree a verde durante i lavori di costruzione". Tali misure protettive costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Scostamenti delle superfici dalle misure prescritte non potranno essere maggiori di 10 cm per terreni non rocciosi e maggiori di 50 cm in terreni rocciosi. Le dimensioni minime degli spazi di lavoro nelle trincee per condotte e canali di scarico sono definite nella norma UNI EN 1610 "Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura".

11.4.2 Impianto esercizio e protezione dell'area di cantiere

- Prima dell'inizio dei lavori dovrà essere eseguita una visita dei luoghi in presenza del committente, in occasione della quale si constaterà lo stato di fatto delle aree, delle pavimentazioni e delle costruzioni limitrofe e se ne elaboreranno prove documentali.
- I cippi ed i capisaldi della rete trigonometrica possono essere rimossi soltanto col consenso del committente. I capisaldi di riferimento predisposti dal committente per eseguire i tracciati dei lavori, prima di essere rimossi dovranno essere conservati a cura dell'appaltatore.
- La vegetazione esistente non potrà essere rimossa in misura eccedente a quella concordata, se non col consenso del committente.
- L'appaltatore deve mettere tempestivamente in opera tutte le misure per l'evacuazione delle acque e perché queste possano defluire in ogni momento liberamente senza arrecare danni di sorta.
- Se le misure concordate per l'evacuazione delle acque freatiche, di percolazione, sorgive, di infiltrazione e superficiali non sono sufficienti, le ulteriori misure necessarie vanno definite di comune accordo; tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 2.4.2.1).
- La direzione, le quote e la portata di canali, corsi d'acqua, scarichi e drenaggi non devono essere modificate durante l'esecuzione dei lavori se non col consenso del committente.
- Per il prelievo e lo scarico d'acqua di falda serve l'autorizzazione ai sensi delle leggi regionali/provinciali vigenti.

11.4.3 Lavori con terra vegetale

- La terra vegetale va rimossa da tutte le superfici di imposta dei rilevati. Dalle aree di deposito e da quelle destinate a vie di traffico e simili, la terra vegetale va rimossa solo nella misura prevista nella descrizione delle prestazioni.
- L'asporto e la stesa della terra vegetale vanno eseguite distintamente dagli altri lavori di movimento terra.
- Per l'impiego di terra vegetale non utilizzata per interventi paesaggistici, ma riutilizzata per strati di copertura di terra vegetale, valgono le seguenti prescrizioni:
- La terra non deve essere alterata con l'aggiunta di materiali estranei, come residui vegetali difficilmente decomponibili, detriti da demolizioni, oli minerali, sostanze chimiche o di altro tipo.
- La terra vegetale depositata dovrà essere compattata a seguito del transito di veicoli o di altre circostanze.
- La coltre di vegetazione facilmente decomponibile, per es. la zolla erbosa, viene trattata alla stessa stregua della terra vegetale.

11.4.4 Asporto e caricamento

- La scelta delle sezioni di scavo ed in particolare della pendenza delle pareti di scavo è di competenza dell'Appaltatore. Valgono comunque le prescrizioni della norma UNI EN 1610 sulle larghezze minime delle trincee per condotte e canali di scarico.
- Se nella descrizione delle prestazioni non sono definite le sezioni tipo di scavo, l'appaltatore dovrà definire le stesse ed in particolare la pendenza delle pareti di scavo in base ai parametri indicati nella relazione geotecnica e sottoporle per approvazione al Direttore dei Lavori.
- Qualora durante lo scavo si riscontrano condizioni del terreno diverse da quelle indicate nella descrizione delle prestazioni, o se si verificano circostanze per cui le sezioni tipo di scavo non possono essere rispettate, i provvedimenti necessari vanno definiti di comune accordo con il Direttore dei Lavori e costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Per scavi in pendii ripidi, l'appaltatore dovrà presentare, su richiesta, un piano dettagliato di intervento.
- L'appaltatore dovrà informare tempestivamente il committente di ogni circostanza imprevista, per esempio venute d'acqua, riflusso del terreno, efflusso di strati, danni alle costruzioni. I provvedimenti da prendere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- L'appaltatore dovrà smuovere la roccia, ad esempio con impiego di esplosivi, in maniera che la roccia in sito resti compatta. La roccia smossa o disgregata va comunque rimossa.

11.4.5 Trasporto

- Il trasporto di terreno e di roccia fino a una distanza di 5 km fa parte della prestazione contrattuale.
- La scelta dei percorsi di trasporto spetta all'Appaltatore. Egli dovrà comunque scegliere il percorso più breve e proporlo per approvazione al Direttore dei Lavori.

11.4.6 Stesa e costipamento

- Il terreno e la roccia vanno scaricate o messe a riporto senza ulteriori provvedimenti, eccezion fatta per le opere geotecniche.
- Prima della stesa di terreno o di roccia per opere geotecniche, va verificata l'idoneità del piano di imposta per le stesse. La presenza di tipi di terreno non idonei nonché di ostacoli va comunicata al committente. Le misure da prendere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Gli avvallamenti nel piano di imposta di costruzioni vanno riempiti con un idoneo terreno di riporto, da costipare in maniera che esso abbia una compattezza possibilmente uguale a quella del terreno affiorante. Nella misura in cui la circostanza non sia addebitabile all'appaltatore, i provvedimenti del caso costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).

- Se nelle superfici di imposta inclinate si rende necessaria l'esecuzione di provvedimenti come la formazione di gradoni o altri per aumentare la sicurezza allo scorrimento delle opere, essi vanno definiti di comune accordo e costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Affioramenti di acque freatiche, infiltrazioni, sorgenti ed acque superficiali vanno captati e convogliati prima del rinterro o del riporto (vedi punto "N capitolo".3.2.4).
- Se i requisiti prescritti non vengono ottenuti malgrado il ricorso a mezzi, a procedure di lavoro e a spessori degli stradi idonei, dovranno essere definiti di comune accordo ulteriori idonei provvedimenti, per esempio la bonifica o la sostituzione del terreno, l'irrorazione; queste misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).

11.4.7 Realizzazione di scarpate di opere in terra

- Se l'appaltatore è tenuto a consolidare la scarpata in maniera definitiva, il consolidamento va eseguito immediatamente dopo la realizzazione della scarpata stessa, eventualmente in successive fasi parziali.
- Se le scarpate restano scoperte per motivi non imputabili all'Appaltatore, le misure da mettere in opera sono da definire di comune accordo; esse costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Per il riporto di terreno vegetale, le scarpate devono essere ruvide. Ulteriori provvedimenti, per es. la realizzazione di gradoni o di solchi e l'irruvidimento di scarpate esistenti, costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Se durante la realizzazione di scarpate si presenta il rischio di franamenti, l'appaltatore è tenuto a prendere immediatamente le misure necessarie per prevenire danni e ad informare il committente delle circostanze. Le misure per la prevenzione o la sistemazione di franamenti messe in opera e quelle ulteriori da intraprendere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1), nella misura in cui la circostanza non sia imputabile all'appaltatore.

11.4.8 Realizzazione di nuclei impermeabili

- Nuclei impermeabili vanno protetti contro l'azione di agenti atmosferici, in particolare contro l'essiccazione e altri danneggiamenti.
- Qualora l'appaltatore debba fornire il terreno per nuclei impermeabili, egli è tenuto a verificare mediante opportune indagini l'idoneità del terreno per la realizzazione di tali opere. Gli esiti delle indagini vanno comunicate al committente.

11.4.9 Realizzazione di scavi di sbancamento e di trincee

- Per le larghezze nette delle trincee per fognature e canali di scarico valgono la norma UNI EN 1610 ed inoltre per condotte in pressione le indicazioni della DTC "Condotte in pressione interrate e fuori

terra".

Trincee con fasci di condotte devono essere dotate di spazi di lavoro praticabili.

- La prestazione s'intende comprensiva dello scavo con le seguenti profondità:
- 1 m per trincee per condotte e canalizzazioni di scarico
- 1,25 m per trincee per condotte di altro tipo e per fondazioni
- 3,5 m per scavi di sbancamento.
- Se viene stabilito che per proteggere il piano di scavo vada lasciato in sito uno strato di protezione, essa potrà essere rimossa solo immediatamente prima della realizzazione dei sottofondi in magrone, delle fondazioni e simili ovvero della posa delle condotte. La rimozione dello strato protettivo costituisce una prestazione particolare (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Il piano di appoggio delle fondazioni per le costruzioni ed il fondo delle trincee devono essere compatti. Se il terreno dovesse risultare smosso, si dovrà ripristinare l'originaria densità del terreno mediante costipamento ovvero ripristinare l'originaria portanza con altri provvedimenti idonei.

11.4.10 Riempimento a tergo e rinterro o copertura di costruzioni

- Prima del riempimento a tergo, del rinterro o della copertura vanno rimossi dalle adiacenze delle costruzioni tutti i corpi estranei che possono cagionare dei danni.
- La scelta del materiale di riempimento e di rinterro è rimessa al Direttore dei Lavori; valgono in particolare le seguenti prescrizioni:
- per la fascia delle connessioni di scarico e dei collettori di fognatura vale la norma UNI EN 1610;
- per la fascia delle tubazioni in pressione si applicano le DTC "Condotte in pressione interrate e fuori terra"
- per la costruzione di sistemi di cavi e di tubi per linee interrate la fascia delle tubazioni dovrà essere rinterrata e compattata a strati ed a mano con terreni compattabili fino ad una quota di 15 cm sopra la generatrice superiore delle tubazioni e delle connessioni. Per la copertura di cavi devono essere impiegati aggregati della granulometria 0/2 mm, nel caso di guaine di protezione aggregati della granulometria fino a 0/8 mm.
- Le condotte devono restare bloccate nella loro posizione.
- Per le profondità di rinterro valgono le disposizioni del punto "N capitolo".3.9.2, per quanto applicabili.
- L'intasamento delle condotte mediante irrorazione è ammesso solo con il consenso del Committente.

- Le trincee per condotte potranno venire rinterrate soltanto quando le giunzioni e i piani di posa delle condotte potranno subire senza danno l'azione della spinta del terreno o di altre azioni che potranno riscontrarsi durante il rinterro.
- La fascia delle tubazioni di scavi per sistemi di cavi e di tubi per linee interrato deve essere rinterrata immediatamente dopo la posa dei cavi. In presenza di cavi o di guaine di protezione si potrà compattare il rinterro con mezzi meccanici solo ad almeno 30 cm sopra le condotte.
- Non è ammesso l'impiego di materiale che potrà alterare le qualità delle condotte, per esempio scorie, terreni grossolani, per il rinterro della fascia tra il fondo della trincea fino ad un'altezza di 30 cm dalla generatrice più alta della condotta.
- Nella fascia di posa di infrastrutture il terreno va steso a strati, contemporaneamente su ambedue i lati della condotta e va costipato con particolare cura.

11.4.11 Lavori eseguiti durante o dopo periodi di gelo

Terreno gelato non potrà venire utilizzato per la realizzazione di opere geotecniche, per riempimenti e per il rinterro o la copertura di costruzioni.

Gli strati gelati di opere geotecniche, di riempimenti e di rinterri possono essere ricoperti con ulteriori riporti soltanto nel caso in cui nella circostanza non possano verificarsi danni.

11.5 PRESTAZIONI ACCESSORIE E PRESTAZIONI PARTICOLARI

11.5.1 Prestazioni accessorie

Prestazioni accessorie, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", sono in particolare:

- Verifica dello stato delle strade, della superficie del terreno, dei collettori di raccolta e simili.
- Rimozione e deposito a lato degli scavi di arbusti con altezza fino a 2 m e di alberi isolati con diametro del tronco non superiore a 0,1 m, misurato a 1 m di altezza dal suolo, nonché delle loro radici e ceppi.

Per alberi a tronco multiplo vale come diametro la somma dei diametri dei singoli tronchi.

- Rimozione di sassi e residui di murature il cui volume non superi $0,1 \text{ m}^3$ e di massi isolati, eccezion fatta per gli ostacoli presenti in trincee di larghezza del fondo non superiore a 0,8 m (vedi punto "N capitolo".4.2.3).
- Predisposizione di accessi provvisori per veicoli e di camminamenti, fatta eccezione per le prestazioni secondo il punto "N capitolo".4.2.19.
- Verifiche con la campionatura per documentare l'idoneità e la qualità dei materiali e delle miscele nonché dei terreni e delle rocce secondo le indicazioni del punto "N capitolo".2, per quanto essi siano forniti dall'Appaltatore.

11.5.2 Prestazioni particolari

Prestazioni particolari, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di

costruzione di qualsiasi tipologia", punto 4.2, sono per esempio:

- I provvedimenti di cui ai punti "N capitolo".3.1.3, "N capitolo".3.1.4, "N capitolo".3.1.5, "N capitolo".3.1.7, "N capitolo".3.2.5, "N capitolo".3.4.3, "N capitolo".3.4.5, "N capitolo".3.6.2, "N capitolo".3.6.3, "N capitolo".3.6.4, "N capitolo".3.6.6, "N capitolo".3.7.2, "N capitolo".3.7.3, "N capitolo".3.7.4, e "N capitolo".3.9.3.
- La rimozione della vegetazione con carico e conferimento a discarica, escluse le prestazioni di cui al punto "N capitolo".4.1.2.
- La rimozione con carico e conferimento a discarica di residui di murature di volume superiore a 0,1 m³ nonché di singoli sassi in trincee con fondo di larghezza inferiore a 0,8 m.
- Provvedimenti per la conservazione dei corsi d'acqua e dei canali di raccolta.
- Demolizione e ripristino di pavimentazioni.
- Lo scavo e il riempimento di spazi di lavoro e di allargamenti per le connessioni delle condotte.
- Le indagini sui terreni e sull'acqua nonché le misurazioni piezometriche, escluse le indagini di cui ai punti "N capitolo".3.8.2 e "N capitolo".4.1.5.
- L'impiego di geotessili.
- Separazione di terreni e rocce da elementi e materiali d'altro tipo, fatta eccezione per le prestazioni di cui al punto "N capitolo".1.3.
- Estrazione, caricamento e conferimento a discarica di elementi e materiali incorporati nei terreni e nelle rocce, come ad esempio ancoraggi, geo-sintetici, bulbi o ammassi d'iniezione.
- La protezione di scarpate, superfici o cumuli.
- Opere per il sostegno delle pareti di scavi e trincee.
- L'elaborazione di verifiche di stabilità, per quanto esse non risultino necessarie per cause imputabili all'appaltatore.
- Ripristino di quota, pendenza e planarità di progetto nonché compattazione di fondi di scavi e trincee smossi, qualora la circostanza non sia imputabile all'Appaltatore.
- Misure particolari in tratti ripidi, con fondi rocciosi o grossolani, con fondi di scavo con scarsa portanza o bagnati, con terreni aggressivi nonché con portanza variabile del fondo degli scavi.

- Pulizia di manufatti rinvenuti da incrostazioni di terreno.

11.6 CONTABILIZZAZIONE

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

11.6.1 Generalità

La determinazione della prestazione avviene secondo il disegno o la misurazione in base ai seguenti criteri.

- Per la determinazione delle quantità sono ammessi gli abituali metodi di calcolo approssimativi. Per scavi o riporti di forma irregolare è consigliato il calcolo accurato per prismi.
- Per opere da contabilizzare a massa (t), questa verrà determinata mediante pesatura.
- Per la distanza di trasporto verrà considerato il percorso ragionevolmente più breve tra i baricentri dei corpi di scavo e di riporto o di deposito. La distanza tra i baricentri verrà determinata tenendo conto della pendenza.

11.6.2 Asporto del terreno, sbancamenti e trincee

- Lo scavo viene contabilizzato tra la superficie del terreno preesistente ed il fondo dello scavo finito; qualora debba venire lasciato in sito uno strato protettivo (vedi punto "N capitolo".3.9.3), la profondità viene misurata fino alla sua superficie. Le profondità vengono misurate in verticale.
- Le dimensioni del fondo dello scavo per sbancamenti, trincee o fosse per costruzioni in genere o per fondazioni, si ricavano dalle misure esterne della costruzione o del manufatto, maggiorate della larghezza minima degli spazi di lavoro e dello spazio occorrente per i casseri e per le opere di sostegno delle pareti degli scavi.
- In trincee di forma regolare la profondità viene misurata lungo l'asse degli scavi. La lunghezza viene misurata lungo l'asse della condotta, se del caso vengono aggiunti alle estremità le larghezze degli spazi di lavoro. In tratti con due o più condotte verrà considerata la lunghezza di quella più lunga.
Per la larghezza del fondo degli scavi verrà considerata la larghezza minima:

- di trincee per connessioni di scarico e collettori di fognatura secondo la norma UNI EN 1610
- di trincee in genere secondo, maggiorate della larghezza dello spazio occorrente per i casseri e per le opere di sostegno delle pareti degli scavi.
Allarghi per pozzetti, camerette e simili vengono contabilizzati in analogia alle indicazioni del punto "N capitolo".5.2.2.

Per la contabilizzazione di trincee di forma irregolare (notevole pendenza trasversale del terreno,

fondo a gradoni e simili) si terrà conto delle sezioni tipo (vedi punto "N capitolo".3.4.2) ovvero delle sezioni rilevate in sito.

- Per sbancamenti e trincee a pareti inclinate il riferimento per la contabilizzazione è costituito dalle pendenze delle pareti di scavo indicati nella relazione geotecnica o nelle sezioni tipo di progetto.

11.6.3 Riporto, riempimento a tergo e rinterri

Le quantità verranno rilevate per il riporto finito dopo profilatura e compattazione. Verranno detratti:

- il volume dei fabbricati esistenti fino alla superficie finita del riporto,
- il volume delle condotte, di strati drenanti, di protezioni di scarpate o scogliere in massi e simili con sezione esterna maggiore di $0,1 \text{ m}^2$.

Per la contabilizzazione del rinterro della fascia di posa delle infrastrutture interrare a lunghezza (m), la lunghezza verrà misurata lungo l'asse della condotta. In tratti con due o più condotte verrà considerata la lunghezza della condotta più lunga.

11.6.4 Compattazione

- Le quantità sono da rilevare sui riporti finiti.
- Per le opere da contabilizzare a volume (m^3) saranno portati in detrazione:
 - opere e manufatti con volume singolo maggiore di 1 m^3 ,
 - condotte, di strati drenanti, di protezioni di scarpate o scogliere in massi e simili con sezione esterna maggiore di $0,1 \text{ m}^2$.
- Per le opere da contabilizzare a superficie (m^2) saranno portati in detrazione intersezioni con superficie singola maggiore di 1 m^2 .
- Per le opere da contabilizzare a lunghezza (m) sarà considerata la lunghezza della condotta incorporata più lunga.

12 AGGOTTAMENTI

12.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

- Le presenti DTC "Aggottamenti" valgono per il montaggio, la modifica e la rimozione nonché la messa a disposizione e l'esercizio di impianti per aggottamenti mediante pompe aspiranti e sommerse.
- Le DTC "Aggottamenti" non valgono per: il rivestimento di perforazioni per la costruzione di pozzi e per i lavori in terra (vedi DTC "Lavori in terra") da eseguire in concomitanza con i lavori di aggottamento, lavori di perforazione (vedi DTC "Lavori di perforazione") e lavori di drenaggio (vedi DTC "Opere di drenaggio").
- A titolo integrativo sono applicabili le DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia". In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni specifiche delle presenti DTC.

12.2 MATERIALI, ELEMENTI COSTRUTTIVI

Non ci sono disposizioni aggiuntive rispetto alle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia".

12.3 ESECUZIONE

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

12.3.1 Generalità

- Nel corso delle proprie verifiche l'Appaltatore dovrà formulare le proprie obiezioni in particolare nei seguenti casi:
- posizione inadeguata dei pozzi di abbattimento delle acque,
- rischio di rifluimento del terreno o del fondo di scavo,
- rischio di sollevamento o di assestamento di parti delle costruzioni o del prosciugamento di terreni.
- L'appaltatore deve fornire la documentazione tecnica richiesta per soddisfare le prescrizioni contenute nelle autorizzazioni per l'esercizio dell'impianto e per convogliamento dell'acqua.
- Le condizioni del terreno e dell'acqua che si discostassero dalle indicazioni contenute nella descrizione dei lavori, vanno immediatamente comunicate al committente. Le misure da prendere vanno concordate con il Committente e costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Se si presenta il rischio di un eccessivo innalzamento del livello di falda e di un rifluimento del terreno, l'appaltatore deve immediatamente prendere le misure necessarie per prevenire danni ed

informare il committente. Le ulteriori misure richieste per prevenire o eliminare danni vanno definite di comune accordo. Per quanto la causa del fenomeno non sia imputabile all'appaltatore, le misure da lui intraprese per prevenire i danni nonché le misure ulteriori costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).

- I danni che possono essersi verificati a causa dell'aggottamento, vanno immediatamente comunicati al committente.

12.3.2 Impianto di aggottamento

- L'appaltatore è tenuto a dimensionare il volume, la portata, il grado di efficienza e la sicurezza dell'impianto di aggottamento in conformità alle indicazioni o alla documentazione di progetto del committente relativa alle condizioni idrologiche e geologiche. Su richiesta egli è tenuto a verificare che l'impianto previsto è idoneo e adeguato. In tale caso egli deve precisare:
 - la disposizione generale dell'impianto,
 - il tipo, la posizione, l'altezza e la profondità delle vasche di pompaggio, dei dreni e dei pozzi,
 - la posizione e la portata delle pompe,
 - il fabbisogno e la fonte di energia,
 - la posizione, la lunghezza e il diametro delle tubazioni,
 - il tipo dei controlli e della documentazione,
 - le misure di sicurezza previste come gruppi elettrogeni, pompe di riserva, servizio di reperibilità, sistemi di segnalazione di allarme.
- Deroghe essenziali alle indicazioni fornite sono ammesse solo col consenso del committente.
- Se è stato concordato l'approntamento di impianti di riserva, questi vanno predisposti in maniera che il convogliamento dell'acqua avvenga senza pregiudizievoli interruzioni di esercizio.

12.3.3 Convogliamento e scarico dell'acqua

- La quantità d'acqua convogliata ed il suo contenuto di materiale sedimentabile devono essere misurati. L'aspetto e l'odore dell'acqua convogliata vanno controllati continuamente. Gli esiti delle misure e dei controlli sono da documentare. Misure e verifica eccedenti quelle qui sopra citate costituiscono prestazioni particolare.
- Al rinvenimento di sorgenti, va stabilito di comune accordo il sistema di captazione ed il tipo di convogliamento. Tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).
- Per il prelievo e lo scarico d'acqua di falda serve l'autorizzazione ai sensi delle leggi regionali/provinciali vigenti.

12.3.4 Risalita del livello dell'acqua

- L'appaltatore non può consentire che il livello abbattuto dell'acqua torni a risalire se non a seguito di accordo con il committente.
- Le misure di protezione concordate per prevenire le conseguenze di una risalita accidentale e improvvisa del livello dell'acqua vanno predisposte in maniera da poter essere attivate immediatamente in caso di bisogno. Se si avverano circostanze che lasciano presagire una pericolosa risalita dell'acqua, esse vanno immediatamente comunicate al committente. Le misure richieste vanno definite di comune accordo. Per quanto la loro causa non sia imputabile all'appaltatore, tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N capitolo".4.2.1).

12.4 PRESTAZIONI ACCESSORIE, PRESTAZIONI PARTICOLARI

12.4.1 Prestazioni accessorie

Prestazioni accessorie, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", sono in particolare:

- Verifica dello stato delle strade, della superficie del suolo, dei collettori e simili.
- Controllo e documentazione del livello della falda freatica all'interno del cantiere.
- Controllo della funzionalità dell'impianto di aggettamento, escluse le prestazioni di cui al punto "N capitolo".4.2.11.

12.4.2 Prestazioni particolari

Prestazioni particolari, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto 1.4.2, sono per esempio:

- I provvedimenti indicati ai punti "N capitolo".3.1.3, "N capitolo".3.1.4, "N capitolo".3.3.1 e "N capitolo".3.4.2.
- Analisi del terreno, dell'acqua, analisi idrologiche.
- Montaggio, messa a disposizione, esercizio e rimozione di dispositivi automatici di rilevamento dati e registrazione e documentazione dei dati rilevati.
- Montaggio, messa a disposizione, esercizio e rimozione di dispositivi di misuratori di portata e di rilevamento delle proprietà dell'acqua.
- Montaggio, messa a disposizione e rimozione di tubi o sonde piezometriche.
- Osservazione e verbalizzazione del livello della falda freatica all'esterno del cantiere.

- Preparazione dei canali di raccolta e dei collettori e ripristino degli stessi.
- Modifiche di parti dell'impianto di aggettamento per motivi non imputabili all'Appaltatore.
- Conservazione nel terreno di parti degli impianti su richiesta del committente.
- Compensi e diritti a favore di terzi per il prelievo nonché per lo scarico e l'immissione dell'acqua.
- Esercizio di prova dell'impianto di aggettamento.
- Smobilizzo e riempimento di vasche di pompaggio.
- Acquisizione di concessioni di enti pubblici e di permessi prima dell'inizio dei lavori.
- Realizzazione, manutenzione e sgombero di condotte sospese e soprapassi nonché dell'esecuzione e del riempimento di trincee per la posa di condutture.
- Trattamento delle acque.
- Montaggio, messa a disposizione, esercizio e smontaggio di fonti di energia d'emergenza.
- Posa in opera ed impermeabilizzazione di elementi per l'intersezione di costruzioni.
- Raccolta di tutte le documentazioni e dei risultati delle misure eseguite.

12.5 CONTABILIZZAZIONE

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia" vale quanto segue:

- La lunghezza delle condotte, complete di curve, pezzi speciali, di adattamento e di collegamento, viene misurata lungo il loro asse. Le curve vengono misurate fino all'intersezione degli assi dei tratti rettilinei adiacenti.
- I giorni iniziati vengono contabilizzati come giorni interi e le ore iniziate come ore intere.

13 COSTRUZIONI STRADALI – FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE

13.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

Il corpo stradale, al di fuori dei tratti occupati da opere d'arte maggiori (viadotti e gallerie), si realizza attraverso movimenti di materie con l'apertura di trincee e la costruzione di rilevati. Si distinguono, più in generale, nei movimenti di materie le seguenti lavorazioni:

- 1 lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuti di sostanza organica);
- 2 gli scavi di sbancamento per l'apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;
- 3 gli scavi a sezione ristretta per l'impianto di opere d'arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- 4 la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo);
- 5 l'esecuzione di riempimenti o rinterri in genere.

Salvo casi speciali, dettati da particolarissime condizioni locali ed estesi a ridotte volumetrie, i movimenti di materie si eseguono con l'impiego di apparecchiature meccaniche specializzate per lo scavo, il trasporto, la stesa ed il costipamento. Per la scomposizione di strati rocciosi o di manufatti di elevata compattezza e resistenza meccanica e per la loro riduzione in pezzature idonee al trasporto e/o al reimpiego dei materiali di risulta, può rendersi necessario l'uso di mine o di attrezzature meccaniche demolitrici.

In relazione alle esigenze di carattere ambientale e tenuto conto delle possibilità offerte dalle tecniche di trattamento delle terre, sono da impiegare fino ad esaurimento, i materiali estratti da scavi di ogni genere, per la formazione dei rilevati o per altre sistemazioni territoriali connesse all'infrastruttura, purché essi risultino idonei all'impiego previsto, o siano resi tali.

Nei casi di scavi in roccia lapidea, il materiale estratto deve essere utilizzato in ordine di gradatoria per la formazione di murature in pietrame, per l'apprestamento (attraverso frantumazione e vagliatura) di inerti per il confezionamento di calcestruzzi, per la produzione di materiale di riempimento di dreni; per la parte residua potrà essere destinato alla formazione di rilevati, eventualmente a seguito di idoneo trattamento.

I materiali provenienti dagli scavi non risultati idonei alla formazione dei rilevati, o alle altre categorie di lavoro previste, sono collocati in siti di deposito; di contro, quando i materiali idonei scavati fossero insufficienti per la formazione dei rilevati, i volumi di terra integrativi sono prelevati da cave di prestito.

13.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE

13.2.1 Materiali sciolti naturali

I materiali sciolti naturali possono derivare dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee nelle zone in cui il progetto prevede lo sviluppo del solido stradale in trincea, ovvero

dall'estrazione da cave di prestito. Possono essere destinati alla costruzione di corpi stradali in rilevato, a bonifiche, a riempimenti ecc. ovvero, se quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, al deposito in apposite discariche.

Essi sono qualificati e classificati secondo quanto riportato nella norma CNR-UNI 10006/63 "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre", sintetizzata nella **Tabella 1.1**.

Tabella 1.1												
Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%							Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%				Torbe e terre organiche palustri
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	A8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6
Analisi granulometrica												
Frazione passante allo Staccio												
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10 max	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 ($P \leq 1,30$)	> 10 ($P > 1,30$)
Indice di gruppo	0		0	0				≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa, per ogni zona di provenienza, deve procedere a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dei risultati di prove di laboratorio.

Nella formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi debbono essere utilizzati nel piano particolareggiato delle lavorazioni, di cui al successivo paragrafo, in ordine di priorità, i materiali sciolti dei gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃ e, quindi, A₂₋₆ ed A₂₋₇. Per le terre appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆ ed A₇ si deve valutare se adoperarle con le cautele appresso descritte, se prevederne un trattamento, ovvero se portarle a rifiuto.

Quando l'umidità delle terre scavate è tale da non consentire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione.

I materiali impiegati, qualunque sia il gruppo di appartenenza, devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo.

Terre con contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 5% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

Nella redazione del progetto in ordine alle possibilità e modalità di impiego delle terre si considerano le seguenti proprietà dei diversi gruppi; queste determinano le scelte anche del piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al paragrafo successivo che segue e le modalità di posa in opera.

Gruppo A₁ - *Appartengono a questo gruppo i materiali rocciosi non evolutivi e le terre granulari, generalmente di più o meno grossa pezzatura, pressoché insensibili all'azione dell'acqua e del gelo, che sotto il profilo dei movimenti di terra possono dar luogo ad un ampio spettro di comportamenti, in relazione:*

- *al contenuto di fino (frazione minore di 0,075 mm);*
- *all'assortimento granulometrico;*
- *alla presenza di elementi di grossa pezzatura.*

Nel prevederne l'impiego occorre considerare che le ghiaie e le sabbie alluvionali con poco fino (meno del 5%), permeabili e prive di coesione, dopo costipamento risultano tanto più soggette all'erosione dell'acqua meteorica quanto più l'assortimento granulometrico è mal graduato. Per evitare che possano prodursi danni, l'Impresa deve rigorosamente procedere al rivestimento con terra vegetale delle scarpate man mano che cresce l'altezza del rilevato; la semina per l'inerbimento, ugualmente, deve essere effettuata il più rapidamente possibile.

I detriti di falda, le rocce alterate, i depositi morenici ed anche le alluvioni eterogenee con un contenuto di fino compreso tra il 10 ed il 15% danno luogo a strati molto compatti e difficilmente erodibili; richiedono, tuttavia, un attento controllo dell'umidità di costipamento al fine di attingere valori elevati di portanza.

I materiali con elementi superiori a D=50mm e, in particolare, quelli provenienti da scavi in roccia (dura e tenace) richiedono cautele e particolari provvedimenti per quel che riguarda la stesa in strati di spessore regolare ed il costipamento.

- *I provvedimenti da adottarsi consistono nelle seguenti operazioni:*
- *scarto degli elementi di dimensioni maggiori di D=500 mm;*

correzione granulometrica (per frantumazione e/o aggiunta di pezzature in difetto). Nella redazione del piano dei movimenti di terra, di norma si riservano le terre del sottogruppo A_{1-a}, specialmente se di granulometria ben assortita, ai manufatti in terrache richiedono più elevate proprietà meccaniche e/o agli strati di sottofondo.

Gruppo A₃ *Le sabbie di questo gruppo, specialmente quando presentano una frazione ghiaiosa (> 2mm) modesta, si prestano male al costipamento ed alla circolazione dei mezzi di cantiere, per mancanza di coesione e di portanza. Di norma l'impiego senza particolari accorgimenti è limitato alla realizzazione di bonifiche dei piani di posa dei rilevati e di strati anticapillari; terre di questo gruppo possono essere impiegate nella formazione del corpo del rilevato se presentano un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) non inferiore a 7.*

Per le sabbie a granulometria uniforme deve prevedersi, invece, o un trattamento con cemento, o una correzione granulometrica, ovvero entrambi i provvedimenti.

Sottogruppi A₂₋₄ e A₂₋₅ – *Le ghiaie e le sabbie limose a bassa plasticità di questi due sottogruppi sono convenientemente adoperate per la costruzione dei rilevati, peraltro senza difficoltà di esecuzione: la bassa plasticità ($IP < 10$) e la frazione fine non eccessiva ($< 35\%$) permettono, infatti, di modificare facilmente il loro contenuto d'acqua. Generalmente presentano bassa permeabilità e modesta risalita capillare: perciò*

non richiedono particolari provvedimenti per proteggere dal gelo lo strato di sottofondo (o sottofondazione) e la soprastante pavimentazione.

Tenuto conto della sensibilità all'umidità di costipamento e dei rapidi cambiamenti di consistenza della frazione fine al variare del contenuto d'acqua, i lavori vanno immediatamente sospesi quando l'umidità naturale superi significativamente quella ottimale di costipamento e quando le condizioni atmosferiche portino ad un incremento del contenuto d'acqua.

Per tali terre, pertanto, l'Impresa è tenuta ad adottare programmi operativi che permettano di contenere i periodi di sospensione dei lavori, procedendo:

- all'estrazione per strati suborizzontali, allorché si vogliano favorire le variazioni di umidità;
- all'estrazione frontale, nel caso contrario.

Quando la frazione fine non supera il 12 % e se non sono presenti elementi di grossa pezzatura ($D > 71$ mm) queste terre non presentano particolari problemi di costipamento.

Sottogruppi A₂₋₆ e A₂₋₇ – Le ghiaie e le sabbie argillose di questi sottogruppi sono, di norma, convenientemente utilizzate per la formazione dei rilevati, specialmente quando presentino un indice di gruppo $IG=0$. Il loro comportamento, tuttavia, è molto influenzato dalla quantità e dalla natura della frazione argillosa presente. Portanza e caratteristiche meccaniche attingono valori intermedi tra quelle delle ghiaie e delle sabbie che costituiscono l'ossatura litica del materiale e quelle delle argille che costituiscono la frazione fine. Poste in opera, esse presentano da media a bassa permeabilità ed altezza di risalita capillare, ciò che determina elevato rischio di formazione di lenti di ghiaccio per azione del gelo. Per questo motivo, in presenza di falda superficiale e di prolungata durata di condizioni climatiche di bassa temperatura, il loro impiego deve essere evitato nella formazione di strati di sottofondo e limitato agli strati posti al di sotto di 2,00 m dal piano di posa della pavimentazione stradale, previa predisposizione, a quota inferiore, di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

L'energia e l'umidità di costipamento delle terre dei sottogruppi in esame debbono essere costantemente controllate; quando il contenuto d'acqua risulta prossimo o supera il limite di plasticità della frazione fine si rischia, infatti, di provocare instabilità e cadute di portanza per sovracostipamento del materiale. Se lo stato delle terre e le condizioni ambientali non obbligano alla sospensione dei lavori, è opportuno adottare basse energie di costipamento, operando su strati di modesto spessore.

Gruppi A4, A5, A6 e A7 L'opportunità d'adoperare terre di questi gruppi deve essere valutata secondo le seguenti linee guida:

- disponibilità di terre sostitutive, anche in relazione alle distanze di trasporto ed alle esigenze di carattere ambientale;
- provvedimenti da adottare per la protezione da venute d'acqua (gravitazionali o di capillarità) nelle opere in terra con esse realizzate;
- tecniche di miglioramento, quale il trattamento a calce, finalizzate a ricondurre le proprietà fisico-chimiche e meccaniche entro limiti di garanzia delle prestazioni, nel volgere della vita economica dell'opera.

Per l'impiego dei materiali dei gruppi A4 ed A5 occorre considerare che:

- la consistenza di queste terre ($IP < 10$) cambia sensibilmente per modeste variazioni del contenuto d'acqua; anche per modesti incrementi d'umidità si passa rapidamente da comportamenti tipici di terreni

asciutti, difficili da compattare, a quelli di terreni troppo umidi, per i quali risulta talvolta impossibile ottenere il grado di addensamentorichiesto;

- in relazione all'assortimento granulometrico ed all'addensamento, la permeabilità ed il potere di risalita capillare possono variare entro limiti abbastanza ampi; ne risulta un forte potere di imbibizione (portate d'invasamento capillare) e, quindi, un'estrema sensibilità al rigonfiamento ed all'azione del gelo. I rilevati realizzati con questiterreni, pertanto, debbono essere protetti dalle acque interne ed esterne, mediante strati anticapillari, schermi drenanti, tempestivi rinfianchi laterali con inerbimento;*
- la presenza di ciottoli ed elementi di più grossa pezzatura può impedire l'azione dei mezzi di miscelazione e, quindi, renderne impossibile la stabilizzazione a calce.*

Le difficoltà di compattazione delle argille dei gruppi A6 ed A7, le proprietà meccaniche generalmente modeste degli strati, come pure i provvedimenti di difesa dalle acque da mettere in atto per evitare rischi di ritiro-rigonfiamento del materiale posto in opera, limitano l'impiego di queste terre a rilevati di modesta importanza o a riempimenti non strutturali.

Se non sono presenti elementi di grosse dimensioni, le terre dei gruppi A6 ed A7 si prestano bene alla stabilizzazione con calce.

13.2.2 Altri materiali

Il progetto può prevedere l'adozione di tecnologie, materiali ed prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre.

In tali casi l'Impresa deve attenersi, per le qualificazioni dei materiali e i controlli, alle specificazioni di progetto, eventualmente riferite a normativa nazionale o internazionale specifica.

In presenza di esigenze tecniche particolari l'Impresa può proporre, nel rispetto del quadro economico, l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto.

In tale caso i materiali debbono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolareutilizzazione prevista; gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

13.3 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

Qualificazione dei materiali

Con riferimento alla verifica del progetto, ai sensi dell'art.131 del DPR 554/99, ed alle lavorazioni per la formazione del corpo stradale in trincea ed in rilevato, l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su sperimentazione o prove in vera grandezza.

Detta indagine si articola di norma come segue:

ART 1 -rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative (rilievo di prima pianta);

ART 2 -rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;

ART 3 -identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le seguenti prove di laboratorio:

- granulometria e limiti di Atterberg, per la classificazione secondo la norma CNRUNI 10006/63;
- contenuto d'acqua naturale (CNR-UNI 10008/63) e consistenza;
- costipamento AASHO Standard e/o Modificato (CNR69/78) al variare del contenuto d'acqua, con individuazione della densità massima del secco (γ_s max) e dell'umidità ottimale di costipamento (w_{opt});
- analisi granulometriche comparative, prima e dopo la prova di costipamento, limitatamente ai materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili;
- indice di portanza CBR¹, secondo modalità di prova che tengano conto della destinazione del materiale, dei rischi di imbibizione da venute d'acqua (gravitazionale e/o di capillarità) e del prevedibile grado di addensamento. Per valutare gli effetti delle variazioni di umidità e del grado d'addensamento sulla portanza degli strati realizzati, la Direzione dei lavori, in relazione alle esigenze di posa in opera ed anche ai fini dei controlli di portanza (cfr. 1.4.3.5), ha la facoltà di richiedere lo studio CBR completo, a diverse energie ed umidità di costipamento, secondo la norma SN670320b.

Per le rocce evolutive devono essere determinate, inoltre:

- la resistenza a compressione semplice su cubetti (CNR 4/53) e la relativa massa volumica;
- la perdita di peso alla prova Los Angeles (CNR 34/73) determinata preferibilmente per la classe A.

Laddove non fosse possibile effettuare prove di costipamento AASHO e prove CBR di laboratorio, l'attitudine all'impiego può essere determinata successivamente, attraverso la misura del modulo di deformazione M_d (CNR146/92), nel corso delle prove preliminari in vera grandezza (campo prove) di cui nel seguito.

Per le terre destinate ai massicci rinforzati, alle prove ordinarie sulle terre naturali, debbono essere aggiunte le determinazioni delle seguenti caratteristiche:

- contenuto in sali solubili totali (UNI 8520);

¹ L'indice CBR viene utilizzato:

- ai fini del dimensionamento della pavimentazione per valutare la portanza dei terreni di sottofondo (naturali o riportati);
- quale criterio di qualità per valutare l'attitudine dei materiali ad essere utilizzati per la costruzione di strati di rilevato o di sottofondo;
- per valutare l'influenza dell'imbibizione e del gelo sulla portanza (e sulle variazioni di volume) dei terreni di sottofondo, confrontando i risultati delle prove effettuate su provini compattati in condizioni standard (energia della prova AASHO Mod.), ma sottoposti a differenti condizionamenti (punzonamento immediato, punzonamento dopo 4 giorni di immersione in acqua, punzonamento dopo gelo e disgelo).

- contenuto in solfuri, solfati e cloruri (UNI 8520);
- misure di pH e resistività elettrica (BS 1377 Part 3).

Tenuto conto dei risultati delle suddette indagini, l'Impresa predispone i seguenti documenti, da sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori:

- piano dettagliato di sperimentazione in vera grandezza (campo prove);
- piano particolareggiato delle lavorazioni di movimento di materie.

Campo prove per l'impiego dei materiali sciolti

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materia siano del tutto trascurabili (come tali individuati nel progetto approvato), l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del corpo stradale.

Nei cantieri di grande dimensione e, in ogni caso, allorché per il controllo in corso d'opera vengano impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento (FWD, autocarro con asse di 10 t), le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzati anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i risultati di queste ed i valori di densità secca γ_s e/o modulo di deformazione M_d .

L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato: in questo caso dopo la sperimentazione è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili, sulla base delle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento del piano e delle modalità delle lavorazioni; in ogni caso, se applicata a materiali diversi deve precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego nell'opera. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

A titolo orientativo, per quanto attiene alle modalità operative che dovranno essere dettagliate nel piano presentato per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

- *l'area prescelta per la prova in vera grandezza deve essere perfettamente livellata, compattata e tale da presentare caratteristiche di deformabilità analoghe a quelle dei materiali in esame;*
- *la larghezza del rilevato deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo;*
- *i materiali vanno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale), provvedendo a compattarli con regolarità ed uniformità e simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno osservate nel corso dei lavori;*

- *per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, occorre mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ciascuno di essi vanno eseguite prove di controllo dopo successive passate (ad esempio, dopo 4, 6, 8, passate).*

I risultati delle prove vanno riportati in apposito verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione delle macchine e sulle modalità di posa in opera.

Cave di prestito

Per le cave di prestito messe a disposizione dalla Stazione appaltante, le aree da cui debbono prelevarsi i materiali sono consegnate all'Appaltatore in occasione della consegna dei lavori (ovvero di verbale parziale, se è disposta una consegna frazionata).

Per l'occasione possono essere specificate le particolari modalità previste in progetto e che l'Impresa deve rispettare in ordine:

- *ad eventuali condizioni particolari di prelievo del materiale (estrazione in acqua, astrati suborizzontali o frontali, uso o meno di mine);*
- *alla regolamentazione in materia d'ambiente, d'inquinamento atmosferico ed acustico, di sicurezza dell'esercizio;*
- *alle condizioni di stoccaggio del materiale cavato;*
- *alle opere provvisorie e finalizzate al deflusso delle acque;*
- *alle vie di accesso (viabilità interessata e piste di servizio);*
- *al ripristino dei luoghi dopo l'esercizio (ricucitura vegetazionale e modellazione morfologica, ripristini di pavimentazioni, ecc.).*

Per le cave di prestito proposte dall'Appaltatore, o individuate sotto la sua responsabilità, in diffonità del progetto, ovvero nel caso in cui il progetto ne lasci l'onere all'esecutore, la soluzione deve essere da questo sottoposta all'approvazione del Direttore dei Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di:

- indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego
- valutazione delle cubature estraibili;
- modalità di esercizio come sopra specificato;
- benessere del proprietario del suolo allo sfruttamento.

Discariche e luoghi di deposito

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono essere portate a rifiuto nelle discariche individuate in progetto ovvero nel rispetto delle leggi e dei regolamenti locali, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione del Direttore dei Lavori e degli Enti preposti alla tutela del territorio.

Si deve in ogni caso evitare che le materie depositate possano arrecare danni (sia nel breve che nel lungo termine) alle opere realizzate ed alle proprietà limitrofe, come pure essere causa d'instabilità dei terreni adiacenti ed ostacolo al libero deflusso delle acque.

In relazione alle cubature da conferire a discarica (ed eventualmente anche da mettere a deposito provvisorio), in siti non previsti o non esaurientemente trattati in progetto, l'Appaltatore è tenuto a produrre:

- gli studi di stabilità e d'integrazione ambientale della discarica, particolarmente per quanto riguarda l'idrologia superficiale e profonda e l'impatto paesaggistico;
- le autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti in materia, in accordo alle norme ed ai regolamenti vigenti, come pure quelle relative all'occupazione dei terreni, da parte dei proprietari.

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi debbono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate successivamente nei riempimenti di cavi, rinterri, eccetera, esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, debbono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale, disposti, con scarpate generalmente di 3/2, non debbono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori a sei mesi.

Nella sistemazione dei depositi di terra vegetale, inoltre, l'Impresa ha l'obbligo:

- di utilizzare modalità operative e mezzi idonei ad evitare ogni costipamento ed assestamento della terra;
- di mantenere i depositi provvisori esenti da vegetazione indesiderata, procedendo alla falciatura delle erbe infestanti, prima della fioritura, ovvero al diserbamento, anche mediante l'impiego di diserbanti, se accettati dalla Direzione dei lavori in relazione al loro rischio ambientale.

L'Impresa deve produrre, anche per le cave di deposito temporaneo e permanente, se necessario a modifica o integrazione del progetto, calcoli geotecnici ed elaborati di controllo e salvaguardia ambientale, in analogia a quanto già illustrato per le cave di prestito.

Piano particolareggiato delle lavorazioni

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti in terra e per le loro parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

- la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata di un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;

- le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi , mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
- spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
- attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare, dei compattatori ad assicurare le prescritte prestazioni;
- numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti.
- le prevalenti condizioni di umidità naturale delle terre impiegate, all'atto della posa in opera; in relazione ad esse sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni o modifiche del progetto per apertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
- le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata al Direttore dei Lavori e da questi tempestivamente esaminata.

La suddetta programmazione è anche condizione indispensabile per la gestione del cantiere in regime di controllo di qualità della prestazione, ai sensi delle norme UNI EN serie 9000

13.4 ESECUZIONE DEI LAVORI

13.4.1 Scavi e demolizioni

Norme generali

Si esaminano in questo paragrafo le lavorazioni per lo smacchiamento generale dei siti d'impianto del corpo stradale, per lo scoticamento, per lo sbancamento e lo scavo a sezione ristretta, con o senza la presenza di falda freatica, per la demolizione di opere murarie e la scomposizione di strati rocciosi.

Gli scavi occorrenti per la formazione del corpo stradale (compresi quelli per la sistemazione del piano di posa dei rilevati e per far luogo alla pavimentazione ed alla bonifica del sottofondo stradale in trincea), nonché quelli per la formazione di cunette, fossati, passaggi, rampe e simili, sono eseguiti secondo le forme e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed in conformità a quanto eventualmente ordinato per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

L'Impresa è tenuta ad adottare ogni cautela ed esattezza nel sagomare i fossi, nel configurare le scarpate ed i piani di fondazione e nel profilare i cigli della strada.

L'Appaltatore è tenuto a consegnare le trincee alle quote e secondo i piani prescritti, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati; lo stesso deve procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, rimanendo obbligato, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Prima dell'esecuzione delle trincee e dei rilevati, l'Impresa deve provvedere tempestivamente all'apertura di fossi anche provvisori, di eventuali canali fuggatori e di quanto altro occorra per assicurare il regolare smaltimento e deflusso delle acque, nonché gli esaurimenti delle stesse, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Impresa deve provvedervi a sua cura e spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è altresì a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni geotecniche e statiche lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Impresa deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

Smacchiamento

Nell'ambito dei movimenti di terra l'Impresa deve procedere preliminarmente al taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici.

I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Imprenditore che ha l'obbligo e la responsabilità del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento (osservando le prescritte misure di sicurezza) ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

Scoticamento

Prima di dar luogo agli scavi l'Impresa deve procedere all'asportazione della coltre di terreno vegetale ricadente nell'area di impronta del solido stradale per lo spessore previsto in progetto o, motivatamente ordinato per iscritto in difformità di questo, all'atto esecutivo, dalla Direzione Lavori. Nei tratti di trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni contaminazione del materiale successivamente estratto, se questo deve essere utilizzato per la formazione dei rilevati. Parimenti, l'Impresa deve prendere ogni precauzione per evitare la contaminazione con materiale inerte

della terra vegetale da utilizzare per le opere a verde, procedendo, nel caso della gradonatura del piano di posa dei rilevati, per fasi successive, come indicato nell'articolo relativo a questa lavorazione.

L'Appaltatore risponde di eventuali trascuratezze nelle suddette lavorazioni che incidano sul piano di movimento di materie assentite: provvede, quindi, a sua cura e spese al deposito in discarica del materiale contaminato ed alla fornitura dei volumi idonei sostitutivi.

La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio, in vista della sua riutilizzazione per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde (spartitraffico centrale e laterale, isole divisionali, ricoprimento superficiale di cave e discariche, ecc.).

I depositi provvisori di terra vegetale vanno sistemati come descritto nell'art.1.3.

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, debbono essere portate immediatamente a rifiuto, onde scongiurare ogni rischio di inquinamento dei materiali destinati alla formazione del corpo del rilevato.

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati, sia per i tratti in rilevato (per evitare rammollimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa), sia per i tratti in trincea.

Scavi di sbancamento

Sono denominati di sbancamento gli scavi occorrenti per:

- l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle pertinenze in trincea secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;
- la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione ed all'eventuale bonifica del sottofondo stradale in trincea;
- la bonifica del piano di posa dei rilevati, ivi compresa la formazione delle gradonature previste in progetto, nel caso di terreni con pendenza generalmente superiore al 15%;
- lo splateamento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, orlature e sottofasce;
- la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma;
- gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;
- l'impianto delle opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, muri di sostegno, ecc.) per la parte ricadente al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o di quello degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato, considerandosi come terreno naturale anche l'alveo dei torrenti o dei fiumi.

Inoltre, sono considerati scavi di sbancamento anche tutti i tagli a larga sezione agevolmente accessibili, mediante rampa, sia ai mezzi di scavo, sia a quelli di trasporto delle materie, a pieno carico.

In presenza di terreni sensibili all'acqua e ove si adottino procedimenti di estrazione a strati suborizzontali, le superfici di lavoro devono presentare sufficiente pendenza versol'esterno (generalmente non inferiore al 6%) su tutta la loro larghezza. Ciò, fino a quando non sarà raggiunto il piano di sbancamento definitivo (piano di posa della pavimentazione o piano di imposta della sottofondazione di trincea).

Quest'ultimo deve risultare perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato secondo le pendenze previste nei disegni e nelle sezioni trasversali di progetto. Generalmente, dette pendenze debbono risultare non inferiori al 4%, per permettere un allontanamento delle acque sufficientemente rapido.

I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

Scavi a sezione ristretta

Per scavi a sezione ristretta si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo. Questo piano è fissato (da progetto o, in difformità, su motivato parere della Direzione Lavori) per l'intera area o per più parti in cui questa può essere suddivisa, in relazione all'accidentalità del terreno ed alle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la loro natura, detti scavi debbono essere spinti, su motivato ordine scritto della Direzione Lavori, a profondità maggiori di quanto previsto in progetto, fino all'invenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande dispeciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Il fondo degli scavi deve risultare perfettamente piano o disposto a gradoni, secondo i profili di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

In ogni caso, devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure convogliamenti ed immissioni di acque superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Le pareti degli scavi, come già detto, sono di norma verticali o subverticali; l'Impresa, occorrendo, deve sostenerle con idonee armature e sbatacchiature, rimanendo responsabile per ogni danno a persone e cose che possa verificarsi per smottamenti delle pareti e franamenti dei cavi.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti a scarpa, con pendenza minore di quella prevista nei disegni di progetto; in tal caso, nulla è dovuto per i maggiori volumi di scavo e riempimento eseguiti di conseguenza.

L'Impresa deve provvedere al riempimento dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed ai getti, fino alla quota prevista, con materiale idoneo adeguatamente costipato con mezzi che non arrechino danno alle strutture realizzate.

Per gli scavi di fondazione si applicano le norme previste dal D.M. 11/3/1988 (Suppl. ordinario alla G.U. 1/6/1988 n.127) e successivi aggiornamenti.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa deve provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare e regolamentare il deflusso delle acque scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare il loro riversamento negli scavi aperti.

L'Impresa deve eliminare ogni impedimento e ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, ricorrendo eventualmente all'apertura di canali fugatori.

Scavi subacquei

Gli scavi a sezione ristretta sono considerati subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Sono eseguiti con mezzi idonei all'operatività sotto battente d'acqua ovvero previo sollevamento meccanico e smaltimento delle portate.

L'allontanamento dell'acqua deve essere eseguito con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo; tali mezzi debbono essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Demolizioni

L'Impresa è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale con i mezzi che ritiene più opportuni, incluso l'impiego di esplosivi nel rispetto delle Norme vigenti. Nei tratti in trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

In ogni caso, prima di procedere alla demolizione di fabbricati, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

I materiali provenienti dalle demolizioni sono portati a rifiuto solo se ciò è previsto in progetto, ovvero se ritenuti non idonei all'impiego da parte della Direzione Lavori. In caso di idoneità sono conferiti agli impianti di trattamento.

Nel caso che i materiali di scavo siano destinati al reimpiego, essi devono essere trasportati direttamente in opera o in aree di deposito; in questo caso devono essere custoditi opportunamente, eventualmente trattati per correggerne la granulometria, in relazione alla destinazione prevista, successivamente ripresi e trasportati nelle zone di impiego.

Scavi in roccia

Gli scavi in roccia di qualsiasi natura e consistenza, comunque fessurata o stratificata, e le demolizioni dei manufatti sono eseguiti con i mezzi che l'Appaltatore ritiene più convenienti, ivi compreso l'uso di mine. Nell'impiego di esplosivo l'Impresa deve curare che la scarpata risultante non presenti fratture né dislocazioni di masse: qualora si accertasse la presenza di tali indesiderati fenomeni, prodotti dalla tecnica di scavo, l'Impresa deve provvedere a sue spese a disaggi, sarciture e/o bloccaggi, secondo un programma concordato con la Direzione Lavori.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di ferrovie, di luoghi abitati, di impianti a rete di ogni genere, deve essere attuato con opportune cautele, in modo da evitare, sia la proiezione a distanza del materiale ed il danneggiamento delle proprietà limitrofe, sia effetti vibrazionali nocivi, che debbono essere tenuti sotto controllo mediante monitoraggio.

Reimpiego dei materiali di scavo

Nel reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi l'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni particolari per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, come piano dettagliato delle lavorazioni.

L'Appaltatore deve eseguire le operazioni di scavo, trasporto e posa in opera con mezzi adeguati e con sufficiente manodopera, coordinando la successione delle fasi e l'esecuzione delle varie categorie di lavoro. Lo stesso rimane libero di adottare macchine ed impianti ritenuti di sua convenienza, purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori

13.4.2 Riporti

Nel presente articolo, oltre alla costruzione del corpo stradale in rilevato (ivi compreso lo strato superiore costituente il sottofondo della pavimentazione), si considerano tutte le lavorazioni che comportano riporto di materiali, quali le opere di presidio ed i riempimenti dei cavi, la bonifica del piano di posa dei rilevati e quella del sottofondo della pavimentazione nei tratti di trincea (ove occorra).

In paragrafi distinti sono trattate nel seguito, in successione, le tecniche relative alla sistemazione ed alla costruzione di:

- piani d'appoggio dei rilevati;
- strati anticapillari;
- corpo del rilevato in terre naturali;
- riempimenti;
- strati di sottofondo in terre naturali;
- strati in terre stabilizzate a calce o con leganti idraulici;
- massicci in terra rinforzata;
- strati con materiali riciclati.

13.4.2.1 Piano d'appoggio dei rilevati

Configurazione

Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Ogni qualvolta i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, ultimata l'asportazione del terreno vegetale, fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si deve procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per la continuità spaziale delle gradonature si deve curare, inoltre, che le alzate verticali si corrispondano, mantenendo costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, le gradonature debbono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine per lo scavo.

In corrispondenza di allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale addossare il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali, avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

L'operazione di gradonatura deve essere sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale e deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

Terreni cedevoli

Quando siano prevedibili cedimenti eccedenti i 15 cm dei piani di posa dei rilevati, l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio per l'evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'Impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza perciò chiedere compensi aggiuntivi.

Requisiti di portanza

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) M_d , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra $0,05 \div 0,15 \text{ N/mm}^2$, deve risultare non inferiore a:

- 15 N/mm^2 (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
- 20 N/mm^2 , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
- 30 N/mm^2 , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 0.50 e 1,00 m;

Per distanze inferiori a 0.50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi.

Le caratteristiche di portanza del piano di posa del rilevato devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione Lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni 5000 m². Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione viene effettuata in condizioni sature.

Bonifica

Quando la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono diraggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti, può essere introdotto nel programma dettagliato delle lavorazioni l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto. In alternativa può essere adottato un adeguato trattamento di stabilizzazione.

13.4.2.2 Strati anticapillari

Gli strati anticapillari sono strati di rilevato costituiti da materiali granulari ad alta permeabilità eventualmente protetti da geotessili con funzione anticontaminante.

Strati in terre naturali

Lo strato anticapillare in materiale naturale, dello spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, deve essere costituito da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino), con granulometria compresa tra 2 e 50 mm, con passante al setaccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante al setaccio 0,075 mm non superiore al 3%.

Il materiale deve risultare del tutto esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati ovvero riciclati.

Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prova ogni 100 m³ di materiale posto in opera.

Geotessili

In associazione allo strato granulare anticapillare può essere posto sul piano di appoggio del rilevato uno strato geotessile.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

I geotessili debbono presentare superficie scabra, essere imputrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore) ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Debbono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. Il materiale, del peso previsto in progetto per l'impiego specifico, deve rispondere ai requisiti minimi riportati in **Tabella 1.2**:

Tabella 1.2			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso	UNI 5114	g/m ²	Secondo Progetto
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N	UNI 8639	kN/m	18
Allungamento, in %	UNI 8639	%	60
Lacerazione, in N	UNI 8279/9	kN/m	0,5
Punzonamento, in N	UNI 8279/14	KN	3
Permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13	cm/s	0,8
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile.		μm	< 100

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma UNI 8279/Parte 1.

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

Il piano di stesa del geotessile deve essere perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30 cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

I teli non debbono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

13.4.2.3 Rilevati in terra naturale

Posa in opera

La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua. Per evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scaricodai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi successivamente riportato dai mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i differenti strati del rilevato deve essere il più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale roccioso, a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), a strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato.

Durante le fasi di lavoro si deve garantire il rapido deflusso delle portate meteoriche conferendo agli strati pendenza trasversale non inferiore al 4%.

In presenza di paramenti di massicci in terra rinforzata o di muri di sostegno, in genere, la pendenza deve assicurare l'allontanamento delle acque dai manufatti.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato, sperimentate in campo prove, secondo le indicazioni riportate nel paragrafo precedente "Pianificazione dei Lavori"..

Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima della terra impiegata ($s \geq 2D_{max}$).

In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 500 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Compattazione

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, circa la massima utilizzazione delle risorse naturali impegnate dall'intervento, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

Per quanto riguarda l'attitudine dei mezzi di costipamento in relazione alla natura dei materiali da impiegarsi occorre considerare che:

- *i rulli a piedi costipanti ed a segmenti sono d'impiego specifico per le terre fini coerenti;*
- *i rulli a griglia sono d'impiego specifico per le rocce tenere o, comunque, per i materiali per i quali è possibile correggere la granulometria per frantumazione degli elementi di maggiore dimensione;*
- *i rulli lisci vibranti sono particolarmente adatti per le terre granulari (A1, A2 e A3) e, se molto pesanti, per i detriti di falda contenenti elementi di grosse dimensioni e, in una certa misura, per quelli provenienti da scavi in roccia;*
- *i rulli gommati sono mezzi versatili e polivalenti; in relazione alle possibilità di variare il peso e la pressione di gonfiaggio dei pneumatici si prestano sia per le terre fini, sia per le terre granulari, sia anche, nel caso di mezzi molto pesanti, per le terre contenenti grossi elementi (detriti di falda);*
- *i rulli lisci statici vanno utilizzati esclusivamente per la finitura degli strati preliminarmente compattati con i rulli a piedi o con quelli gommati, per regolarizzare la superficie.*

Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHO (CNR 69/78).

L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata in campo prova per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare. La loro produzione, inoltre, deve risultare compatibile con quella delle altre fasi (scavo, trasporto e stesa) e con il programma temporale stabilito nel piano particolareggiato dei movimenti di materia (cfr. 1.3).

Quando, in relazione all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evapotraspirazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e

cadute di portanza che possono generarsi negli strati, a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85-90%, secondo il tenore in fino e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi debbono rispettare le condizioni stabilite nel corso della sperimentazione in campo prova. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

Per garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato, le scarpate debbono essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato.

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo paragrafo 1.5 "Controlli". Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Protezione

Si deve garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore; questo andrà sistemato a strisce orizzontali, opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si debbono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina deve essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento. Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Appaltatore è tenuto ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, debbono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 6%.

Se nei rilevati dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati; è prudente in questo caso ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

13.4.2.4 Riempimenti

Il ripristino di cavi di fondazione intorno a strutture, il rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (ad esempio posa di sottoservizi), il riempimento a ridosso di murature ed opere di sostegno, presentano problemi speciali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

Per questi motivi occorre impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili, non debbono essere scaricate direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositate in loro vicinanza e successivamente poste in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

L'Impresa deve evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza. Inoltre, si deve evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. A tergo di tali strutture debbono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione dei riempimenti ovvero di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici. A ridosso delle murature dei manufatti, qualora in relazione alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni progettuali se ne ravvisi la necessità, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in situ del legante con i materiali predisposti, privi però delle pezzature maggiori di 40 mm.

La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma trapezia, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a $2,00\text{ m} + \frac{3}{2}h$ e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Il cemento, del tipo normale, va aggiunto in ragione di 25-50 kg/m³ di materiale compattato; l'esatto quantitativo, entro i suddetti limiti, deve essere determinato sperimentalmente dall'Impresa e sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori.

La miscela deve essere compattata fino al 95% della massa volumica massima del secco, ottenuta con energia AASHO Modificata (CNR 69/78), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

13.4.3 Stabilizzazione delle terre con calce o con calce e cemento

Il processo di stabilizzazione consiste nel miscelare intimamente le terre argillose con calce di apporto, in quantità tale da modificarne le caratteristiche fisico-chimiche (granulometria, suscettività all'acqua, umidità) e meccaniche, così da renderle idonee per la formazione di strati che dopo il costipamento presentino adeguata resistenza meccanica e stabilità all'azione dell'acqua ed eventualmente del gelo.

Con riferimento alla classificazione CNR-UNI 10006 si prestano, al trattamento con calce le terre fini plastiche argille limose dei gruppi A₆ e A₇ non eccessivamente plastiche, così come quelle del gruppo A₅, quando di origine vulcanica od organogena. Ghiaie argillose, identificabili come A₂₋₆ e A₂₋₇, possono essere convenientemente stabilizzate con calce, quando contengano una frazione di passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere convenientemente trattate a calce, altresì, le vulcaniti vetrose, costituite da terre pozzolaniche ricche di silice amorfa.

In ogni caso, la terra deve essere priva di elementi di grosse dimensioni, tali da impedire l'azione dei mezzi di miscelazione.

L'attitudine al trattamento dei terreni, differenziata in relazione alla destinazione del materiale, deve risultare da appositi studi preliminari di laboratorio attraverso i quali sono determinati anche i dosaggi di legante da adoperare ed il campo dei tenori in acqua da osservare nel costipamento delle miscele.

Nel caso di terre appartenenti ai gruppi A₄ e A₅ la calce aerea può essere utilizzata esclusivamente per ridurre l'umidità del terreno naturale per esigenze di compattazione.

In questo caso, per migliorare le caratteristiche meccaniche dei materiali e renderle stabili nel tempo, occorre aggiungere, successivamente alla calce, leganti idraulici quali cemento Portland 32.5. I requisiti meccanici delle miscele terra-calce-cemento, devono essere i medesimi richiesti per le miscele terra-calce. La stabilizzazione mista con calce e successivamente con cemento può essere utilizzata anche in presenza di argille ad elevata plasticità ($IP > 20$), se interessa acquisire la stabilità all'acqua delle miscele a breve termine (entro 30÷40 giorni dalla stabilizzazione).

Caratteristiche delle terre da stabilizzare

Le terre da stabilizzare debbono avere le seguenti caratteristiche:

Granulometria: deve rientrare nel fuso di cui alla norma CNR 36/73; sono ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio delle miscele in laboratorio ed eventualmente in campo prova.

Indice di plasticità: l'indice di plasticità, determinato secondo la norma CNR-UNI 10014, deve risultare compreso tra 10 e 35. E' ammesso un valore minore della plasticità (ma in nessun caso inferiore a 5) a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio preliminare di laboratorio.

Contenuto di sostanze organiche: il tenore in materie organiche del terreno, determinato mediante ossidazione con bicromato di potassio (AFNOR NF 94-055), deve essere inferiore al 2% in massa. Questo limite può essere superato, fino al valore del 4% in caso di trattamento dei terreni in situ per la sistemazione del piano di posa dei rilevati, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza richiesti.

Contenuto di solfati: il contenuto totale di sali di zolfo (solfati e solfuri), determinato secondo la norma UNI 8520 parte 11, deve essere inferiore allo 0.25%; si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, terre con un contenuto di solfati compreso tra 0.25% e 1%. In nessun caso possono essere ritenuti idonei per la stabilizzazione con calce terre con un contenuto di solfati totali superiore all'1%.

Determinazione del consumo iniziale di calce: il consumo immediato di calce, ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi, determinato secondo la norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell'1.5%.

Contenuto di nitrati: il contenuto di nitrati deve risultare inferiore allo 0.1%

Valore di blu di metilene (VB): per essere accettabile una terra deve presentare un valore di blu VB >200 cm³, determinato in conformità alla norma UNI 8520, parte 15a.

Il terreno, in ogni caso, deve presentarsi privo di humus e radici, nonché libero da corpi estranei ed elementi lapidei di grossa pezzatura.

Calce

I tipi di calce da impiegare sono:

- calce aerea idrata in polvere, sfusa o in sacchi ²²;
- calce aerea viva macinata sfusa, o in sacchi ².

L'impiego della calce viva macinata, per il suo effetto essiccante, è preferibile nei casi in cui i valori di umidità siano sensibilmente più elevati di quelli ottimali per il costipamento.

² L'impiego di calce idrata e/o viva confezionata in sacchi, è tollerato solo eccezionalmente per piccoli cantieri, dove l'intervento complessivo di trattamento interessa una superficie inferiore a 2.000 m² o un volume di terra da trattare inferiore a 1000 m³.

Entrambi i tipi di calce debbono rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231/39; essi, inoltre, debbono avere le caratteristiche chimiche (UNI-EN 459-2/96) e le caratteristiche granulometriche riassunte nella **Tabella 1.3**

Tabella 1.3

Requisito	calce viva	calce idrata
CO ₂	≤ 5%	—
Titolo in ossidi liberi (CaO + MgO)*	≥ 84%	—
Tenore in MgO	≤ 10%	≤ 8%
Titolo in idrati totali	—	> 85%
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + SO ₃	≤ 5%	≤ 5%
Umidità	—	≤ 2%
Acqua legata chimicamente	≤ 2%	—
Reattività all'acqua	> 60° entro 25'	—
Passante al setaccio 2 mm	100%	100%
Passante al setaccio 0.2 mm	≥ 90%	—
Passante al setaccio 0.075mm	≥ 50%	≥ 90%

* La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO deve essere effettuata secondo la formula $(100 - I - 2.27 \cdot CO_2 - X)$ dove: I è la percentuale di impurezze (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ + SO₃), X è la percentuale di acqua legata chimicamente.

Cemento

Nel caso di stabilizzazione mista con calce e cemento possono impiegarsi cementi Portland o pozzolanici del tipo 32.5.

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders). Deve essere usato legante idraulico resistente ai solfati (SR 0), a basso calore d'idratazione. La Direzione Lavori può autorizzare l'impiego di cementi diversi a seguito di motivata richiesta presentata dall'Impresa.

Acqua

L'eventuale acqua di apporto deve risultare priva di impurità e di materie organiche.

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio la Direzione Lavori può chiedere la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

Progetto delle miscele

L'individuazione del dosaggio del legante (legante idraulico ed eventualmente della calce) e dell'umidità ottima di costipamento deve scaturire da specifici studi eseguiti presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'Impresa è tenuta, nell'ambito del piano particolareggiato delle lavorazioni:

- a produrre uno studio di verifica delle miscele che tenga conto delle condizioni operative di cantiere e dei leganti effettivamente adottati;
- a realizzare, per ogni famiglia di terreno che si intende trattare e per ciascun dosaggio una sperimentazione di campo, per verificare l'idoneità dei mezzi di spandimento, di miscelazione e di costipamento. Una volta accettati dalla Direzione dei Lavori le modalità di lavorazione, i risultati acquisiti in campo prova sono utilizzati come riferimento per i controlli di esecuzione e, in particolare, per il controllo del costipamento e del dosaggio in calce, mediante ph-metria.

Il progetto delle miscele comprende prove di carattere generale riguardanti l'identificazione dei terreni e dei leganti di apporto, e prove specifiche dipendenti dall'obiettivo del trattamento per la determinazione delle formule di dosaggio.

Le prove di carattere generale, in particolare, riguardano:

- *per i terreni: la determinazione della granulometria, dei limiti di consistenza, del contenuto di acqua naturale, dell'eventuale presenza di sostanze organiche nonché della natura mineralogica;*
- *per i leganti: l'accertamento dei requisiti per essi richiesti (per le calce essenzialmente la granulometria ed il tenore in calce libera). Per quanto possibile i leganti debbono provenire dagli stessi impianti di quelli che si prevede di utilizzare in corso d'opera.*

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, i risultati ottenuti dalle predette prove e quindi la percentuale di calce che intende adottare. Acquisita

l'approvazione della Direzione Lavori, può procedere all'impiego della miscela.

Utilizzazione in rilevato

Le prove specifiche di dosaggio sono riferite, in questo caso, alle proprietà che assicurino buone condizioni di posa in opera per le miscele: lavorabilità, compattabilità e sufficiente portanza immediatamente dopo costipamento, per ottenere un supporto di rigidità conveniente nella costruzione degli strati successivi. La lavorabilità va esaminata attraverso lo studio delle variazioni dei limiti di consistenza in funzione del dosaggio in calce. Per soddisfare questo requisito occorre che il dosaggio in calce sia non inferiore a quello minimo, aumentando il quale non si hanno significativi aumenti del limite di plasticità delle miscele. Per quanto riguarda la portanza, occorre ottenere sulle miscele un indice CBR immediato³ maggiore di:

- CBR = 10, per la stabilizzazione di terreni costituenti il piano d'appoggio del rilevato;
- CBR = 15, per gli strati di rilevato.

I dosaggi così determinati possono essere modificati (in aumento) per tenere conto delle alee costruttive (spandimento, miscelazione, attese prima del costipamento) ovvero, in presenza di umidità naturali elevate, per ridurre più energicamente il tenore in acqua del terreno.

Utilizzazione in strati di sottofondo

In aggiunta ai requisiti richiesti per l'impiego in rilevato, in questo caso si deve tenere conto delle sollecitazioni trasmesse dalla pavimentazione durante l'esercizio e delle azioni dell'acqua e del gelo. Per la necessaria portanza a breve termine, le miscele, compattate come descritto nella nota 3, debbono presentare un indice di portanza CBR, dopo immersione di 4 giorni in acqua, maggiore di 25.

³ I l'Indice CBR determinato subito dopo il confezionamento dei provini, senza preventiva immersione in acqua, compattando le miscele ad energia prossima a quella dell'AASHTO standard, secondo la norma SN 670320b (5 strati, 12 colpi per strato, pestello del peso di 4,54 Kg, altezza di caduta 45,7 cm.)

La tenuta all'imbibizione va valutata, invece, rapportando la resistenza allo schiacciamento di provini cilindrici che nell'ultima parte del periodo di maturazione sono immersi per 7 giorni in acqua ($R_{(x+7)}$) rispetto a quella di provini di pari età maturati per tutto il periodo di stagionatura in condizioni protette ($R_{(x+7)}$).⁴

La resistenza all'azione dell'acqua può giudicarsi acquisita allorché detto rapporto risulta:

$$\frac{R(x + 7i)}{R(x + 7)} \geq 0,8$$

Per valutare la resistenza al gelo, dopo un periodo di maturazione in condizioni protette (cfr. nota 5) i provini vengono immersi un giorno in acqua a 20°C e, successivamente, sottoposti a 13 cicli di gelo-disgelo (16 ore di gelo a -5°C, 8 ore di disgelo a +20°C).

La resistenza all'azione del gelo è ritenuta soddisfacente, se risulta:

$$\frac{R(x + 1i + 13g)}{R(x + 14i)} \geq 0,8$$

Tenuto conto del carattere evolutivo della stabilizzazione a calce e della diversa reattività delle argille, a seconda della natura mineralogica, non è conveniente né corretto indicare univocamente l'età alla quale verificare la tenuta all'acqua ed al gelo.

In pratica, considerando due o tre dosaggi in legante, interessa riconoscere il periodo di maturazione necessario perché le miscele acquisiscano sufficiente stabilità, ciò che può dedursi facilmente dall'osservazione della variazione della resistenza meccanica con il periodo di maturazione ($x = 28$ giorni è generalmente sufficiente per la stabilità all'acqua; mentre, per la tenuta al gelo è necessario considerare un periodo di maturazione più ampio, anche di $x = 90$ giorni).

Modalità di esecuzione dei lavori

I processi di fabbricazione delle miscele debbono avvenire preferibilmente nei luoghi di estrazione (scavi di trincea o cave di prestito). Il trattamento nei luoghi d'impiego non comporta particolari problemi per lo strato destinato a rimanere direttamente a contatto con il terreno naturale (strato inferiore delle bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati e dei sottofondi di trincea), mentre nella formazione di rilevati bisogna curare attentamente che l'intero spessore sia stato interessato dal processo di stabilizzazione.

Il trattamento prevede in genere le seguenti fasi operative:

- *scasso del terreno con appositi aratri o scarificatrici, per tutto lo spessore da trattare (generalmente non superiore a 30 cm);*
- *frantumazione delle zolle con erpici a disco oppure con frese (pulvimixer), per rendere la superficie sufficientemente regolare, prima dello spandimento della calce;*
- *Terminata l'operazione, si deve determinare l'umidità del materiale in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità. Quando i valori di umidità si*

⁴ Indice CBR determinato subito dopo il confezionamento dei provini, senza preventiva immersione in acqua, compattando le miscele ad energia prossima a quella dell'AASHTO standard, secondo la norma SN 670320b (5 strati, 12 colpi per strato, pestello del peso di 4,54 Kg, altezza di caduta 45,7 cm.).

discostano dall'umidità ottima, determinata a seguito delle prove di laboratorio sopra descritte e concordata con la Direzione Lavori, del $\pm 2\%$ (in valore assoluto), si deve aerare il materiale in caso di eccesso di umidità, oppure ad annaffiare se troppo asciutto, per raggiungere il grado di umidità desiderato.

- *spandimento del legante in polvere mediante adatte macchine spanditrici. Tale operazione deve essere effettuata esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si deve impedire a qualsiasi mezzo, eccetto che a quelli adibiti alla miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato completamente miscelato; inoltre, le spanditrici debbono essere munite di un sistema di dosaggio asservito alla velocità di avanzamento. Il quantitativo di calce e/o cemento necessario al trattamento dell'intero strato, deve essere distribuito in maniera uniforme sulla superficie, prevedendo che ad ogni passaggio della spanditrice non debba essere distribuito più del 2% in peso rispetto alla massa di terra da trattare;*
- *miscelazione della terra con macchine ad albero orizzontale rotante (pulvimixer), ovvero con erpici a dischi, che permettano una miscelazione omogenea del legante e del terreno sullo spessore considerato.*
- *Il numero di passate dipende dalla natura del terreno trattato e dal suo grado di umidità. Si deve garantire un sufficiente sbriciolamento della terra, fino ad ottenere una colorazione uniforme ed una dimensione massima delle zolle non superiore a 40 mm per le bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati, di 30 mm per gli strati di rilevato e di 20 mm per gli strati di sottofondo. Inoltre, nel caso di miscele per strati dirilevato si deve verificare che l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, risulti passante al setaccio con apertura di 4,76 mm.*

Il materiale trattato deve essere compattato evitando attese che, se prolungate, portano ad un decadimento delle prestazioni meccaniche a medio e lungo termine delle miscele. Di conseguenza, è vietato all'Impresa di porre in essere, nell'organizzazione dei lavori, attese superiori alle sei ore tra l'ultimazione della miscelazione e l'avvio del costipamento. Le miscele che abbiano subito attese prolungate debbono essere allontanate a cura e spese dell'Impresa.

Lo spandimento del cemento ed eventualmente della calce deve interessare una superficie non superiore a quella che può essere trattata nella stessa giornata lavorativa e non deve mai essere effettuato in presenza di forte vento per garantire la sicurezza del personale operante, che deve comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comportano la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono essere sovrapposti per almeno 15 cm. Nei giunti trasversali la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di cemento e/o calce, lo spessore, o il grado di compattazione siano inadeguati e/o disomogenei.

Le riprese devono essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

La lavorazione (stabilizzazione) non deve, di norma, essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 25°C, né sotto la pioggia. Può tuttavia essere consentita a temperature comprese tra i 25°C e i 30°C a condizione che lo strato di protezione con emulsione bituminosa sia realizzato immediatamente dopo la miscelazione e la compattazione.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15°C ÷ 18°C ed umidità relative di circa il 50%; temperature superiori sono ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; comunque è

opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa dell'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di m 4,00 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10 mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale, ma si deve aumentare lo spessore dello strato sovrastante (fondazione stradale) con spesa a carico dell'Impresa. Sono invece possibili correzioni dei piani finiti "non conformi" per "eccesso" (quote del piano finito superiori a quelle previste) mediante riprofilatura con macchina livellatrice o fresatrice.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, il materiale trattato deve essere protetto mediante la spruzzatura di emulsione bituminosa a lenta rottura (designazione secondo UNI EN 13808: C 55 B 4) con un dosaggio di 1,0 - 1,5 kg/m² in relazione alla porosità superficiale e alla capacità di assorbimento della parte superiore dello strato trattato. L'emulsione deve essere coperta con sabbia o graniglia per evitarne l'asportazione da parte dei mezzi di cantiere. Il velo di protezione con emulsione bituminosa può essere evitato se lo strato trattato viene ricoperto da uno strato sovrastante in tempi brevi. In questo caso, in attesa del ricoprimento, il materiale stabilizzato a calce e cemento deve essere mantenuto sempre umido, con almeno tre irrorazioni di acqua al giorno, fino alla realizzazione dello strato sovrastante.

Controlli di esecuzione

In corso d'opera il controllo del dosaggio in calce viene effettuato valutando la quantità in peso di legante raccolta entro teli di superficie nota, stesi sull'area da trattare, nonché verificando mediante aste metalliche lo spessore dello strato interessato dal trattamento. La verifica del dosaggio deve essere effettuata per ciascuno strato nella misura di una presa per ogni 300 m³ di miscela.

La bontà della miscelazione e la dimensione massima della zolle è valutata mediante setacciatura a secco, mentre l'omogenea ripartizione del legante nella massa trattata mediante l'esame della colorazione delle miscele e, eventualmente, mediante misure di pH su campioni prelevati nella massa dello strato, a differenti profondità.

Le misure di pH per il controllo del dosaggio in calce sono effettuate con frequenza di una prova ogni 1.000 m³ di materiale trattato.

L'ubicazione dei prelievi e delle prove è scelta ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori.

Il controllo del costipamento degli strati finiti, realizzato mediante misure di densità come sopra specificato, deve rispettare le frequenze previste nella Tabella 1.10 per gli strati di rilevato e per quelli di sottofondo. Sugli strati finiti possono essere effettuati a discrezione della Direzione dei Lavori prove con piastra per valutare il modulo di deformazione Md. In tale caso, i valori di riferimento debbono essere quelli stabiliti nel corso delle prove preliminari di campo, tenuto conto della destinazione dello strato e della stagionatura (età) delle miscele.

13.4.4 Massicci in terra rinforzata

Si ottengono per inserimento fra gli strati di un rilevato di elementi resistenti a trazione, di tipo monodirezionale (armature metalliche, generalmente piatte) oppure bidirezionale (geotessili, reti metalliche, geogriglie, ecc..) Ai fini del mantenimento in efficienza del massiccio sono indispensabili speciali caratteristiche dei materiali adottati.

Requisiti dei terreni del massiccio

Per il terreno del rilevato in terra rinforzata devono essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A1-a, A1-b, A3, A2-4 e A2-5 della classifica CNR - UNI 10006/1963.

In ogni caso debbono essere rispettate le seguenti condizioni:

- Il terreno di riempimento deve presentare un passante al setaccio da 0,075 mm inferiore al 15%.
- I terreni con passante allo 0.075 mm superiore al 15%, sono ugualmente utilizzabili se:
- la percentuale del campione esaminato per sedimentazione, di dimensioni minori di 15 micron è inferiore al 10%;
- la suddetta percentuale rimane compresa tra il 10% e 20% e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio diretto su campioni saturi, risulta superiore a 25°.
- Il terreno di riempimento non deve contenere nessun elemento maggiore di $D = 200$ mm.

Il rilevato può essere alleggerito, con le modalità indicate nei disegni costruttivi, mediante l'interposizione di livelli di argilla espansa a strati di misto granulare o sabbia. L'inerte leggero deve avere le seguenti caratteristiche :

- $D_{max} < 25$ mm;
- peso di volume saturo a superficie asciutta compreso tra 7 e 8 kN/mc.

Il valore di resistività del materiale, saturato dopo un'ora di contatto terra-acqua alla temperatura di 20°C, deve essere superiore a 1.000 Ohm*cm per opere a secco e 3.000 Ohm*cm per opere inondabili.

Il valore di attività degli ioni (pH) misurato sull'acqua del campione di terra saturato, deve essere compreso tra 5 e 10.

Il contenuto di cloruri e solfati deve essere determinato soltanto per i materiali la cui resistività sia compresa tra 1.000 e 5.000 Ohm*cm e non deve eccedere i valori riportati in **Tabella 1.4**:

Tabella 1.4		
	Opere a secco	Opere in acqua dolce
Ione Cl	200 mg/kg	100 mg/kg
Ione SO ₄	1000 mg/kg	500 mg/kg

Armature metalliche

Le armature laminate e profilate debbono essere in acciaio, del tipo Fe 52.

Le reti metalliche sono a doppia torsione a maglie esagonali, tipo 8 x 10 (conformi UNI 8018), con valori elevati di resistenza a trazione (fino a 47 KN/m) senza fenomeni di creeping;

Gli elementi di acciaio interrati, di qualsiasi tipo, debbono essere protetti da zincatura a caldo, di spessore minimo garantito di 70 micron, in ragione di circa 5 g di zinco per dm di superficie sviluppata, o debbono essere inossidabili.

I fili sottili, componenti le reti, debbono essere protetti da uno strato di PVC dello spessore di 0,5 mm.

Per il rinforzo dei massicci si possono impiegare geotessili non tessuti in polipropilene o poliestere dalle caratteristiche conformi a quanto indicato nel par. precedente "n".4.2.2.

Lavorazione

Allo scopo di garantire un comportamento omogeneo della terra rinforzata, qualora i materiali di cava non mantengano la prescritta uniformità delle caratteristiche granulometriche e chimiche, l'Impresa è tenuta a stoccarli, in apposite aree, al fine di correggerli opportunamente.

La compattazione degli strati deve risultare tale da garantire una densità, sull'intero spessore non inferiore al 92%(95% nel caso di strati di sottofondo) della densità massima individuata mediante la prova AASHO Mod. (CNR 69/78), mentre il modulo di deformazione determinato in accordo alla norma CNR 146/92 deve risultare non inferiore a 50 N/mm². Se la granulometria del materiale non consente l'esecuzione di prove di costipamento di laboratorio, secondo la norma CNR 69/78, il controllo del costipamento va effettuato attraverso prove di modulo di deformazione a doppio ciclo di carico, secondo la norma CNR 146/92.

13.4.5 Rilevati con materiale riciclati

Si considerano materiali riciclati quelli provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998.

I materiali *provenienti da attività di costruzione o demolizione* sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, intonaci, allettamenti, materiali lapidei provenienti da cave autorizzate o da attività di taglio e lavorazione.

I *materiali di scarto provenienti da processi industriali* sono prevalentemente costituiti da scorie, loppe d'alto forno, esclusivamente di nuova produzione e, comunque, non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno. I materiali di riuso possono venire miscelati tra loro ed anche con terre naturali, in modo da favorirne il riutilizzo nelle costruzioni stradali con i conseguenti benefici economici ed ambientali.

Qualificazione fisico-meccanica

L'intrinseca variabilità di provenienza dei componenti impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti o partite omogenee, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento.

I requisiti di accettazione degli inerti riciclati variano a seconda del campo di impiego distinguendosi:

- impiego nello strato di sottofondo, fino alla profondità di circa 1,00 m a partire dalpiano di posa della sovrastruttura;
- impiego per strati di rilevato, per bonifiche del piano di posa e similari.

Per le miscele a più largo spettro, provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, si applica la **Tabella 1.5** per gli strati di sottofondo; nel caso meno restrittivo del corpo del rilevato si usa la **Tabella 1.6**.

Tabella 1.5 Materiali per strato di sottofondo		
<i>Parametro</i>	<i>modalità di prova</i>	<i>Limiti</i>
Cls, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>80% in massa
Vetro e scorie vetrose	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<10% in massa
Conglomerati bituminosi	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,2% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,4% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	CNR 23/71	<15% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	NP
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	100%
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Perdita Los Angeles	UNI EN 1097/2	<45
Rapporto fra passante setaccio 0,425 mm e 0,075 mm	CNR 23/71	>1,5
Produzione finissimo per costipamento AASHO mod. nell'intervallo $\pm 2\% W_{OTT}$	CNR 69/78	Differenza $P_{0,075post} - P_{0,075ante} \leq 5\%$
Indice di forma (frazione > 4 mm)	CNR 95/1984	<35
Indice di appiattimento (frazione > 4 mm)	CNR 95/1984	<35

Tabella 1.6 Materiali per corpo del rilevato		
<i>Parametro</i>	<i>modalità di prova</i>	<i>Limiti</i>
Cls, mattoni e laterizi, intonaci materiali litici, malte, ceramica	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>70% in massa
Vetro e scorie vetrose	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<15% in massa
Conglomerati bituminosi	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<25% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,3% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,6% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Passante setaccio 0,075UNI	CNR 23/71	<25% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	<6
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	>85% in massa
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Dimensione massima	Misura diretta	< 140 mm
Trattenuto crivello 71UNI *	Frantumazione	Assenza di vuoti interni
* Nota: in caso di presenza di mattoni forati, blocchi forati e simili. va eseguita la frantumazione per il riuso fino ad avere il 100% di passante al crivello 71 UNI.		

Per gli inerti provenienti prevalentemente da attività industriali, con reimpiego diretto di una specifica tipologia di scarti, valgono invece le specificazioni riportate nella **Tabella 1.7** per il sottofondo, e nella **Tabella 1.8** per il corpo del rilevato. Ai fini dell'impiego nel corpo stradale, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Tabella 1.7 Scarti industriali per sottofondo		
<i>Parametro</i>	<i>modalità di prova</i>	<i>Limiti</i>
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>80% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<15% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,5% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non plastico
Perdita Los Angeles	UNI EN 1097/2	<45
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	100%
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	CNR 23/71	<20% in massa
Produzione finissimo per costipamento AASHO mod. nell'intervallo $\pm 2\% W_{OTT}$	CNR 69/78	Differenza $P_{0,075post} - P_{0,075ante} \leq 5\%$

Tabella 1.8 Scarti industriali per corpo rilevato		
<i>parametro</i>	<i>modalità di prova</i>	<i>limiti</i>
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>70% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<20% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<1% in massa
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	>85%
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	CNR 23/71	<25%
Dimensione massima D_{max}	UNI EN 933/1	140 mm
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	<4

Requisiti chimici

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11 e 7.17 del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (norma EN 1744-1) deve essere ≤ 1 per cento. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in c.a., tale valore deve essere $\leq 0,5$ per cento.

Impianto di lavorazione

L'impianto di lavorazione, per garantire l'omogeneità e la costanza temporale del prodotto, deve essere organizzato in modo tale da:

- consentire il controllo della qualità dei materiali in arrivo, per una verifica delle caratteristiche e dell'idoneità all'utilizzo;
- essere dotato di una zona debitamente attrezzata e delimitata per lo stoccaggio provvisorio del materiale;

- consentire l'alimentazione dell'impianto di trattamento mediante mezzo meccanico (per esempio una pala gommata), evitando che lo stesso venga alimentato direttamente dagli autocarri in arrivo;
- consentire, in uscita dall'alimentatore, il controllo qualitativo dei materiali e, con stoccaggio separato, tramite un by-pass, la successiva eventuale esclusione dal ciclo produttivo del materiale non idoneo e/o pericoloso;
- consentire una prima vagliatura, mediante vibrovaglio, per l'eliminazione della frazione fina, e il convogliamento del materiale nella camera di frantumazione del mulino, in modo da avere la riduzione granulometrica dei detriti ed il perfetto distacco delle armature di acciaio dal calcestruzzo;
- consentire l'individuazione di sostanze pericolose e/o nocive;
- essere dotato d'un secondo deferrizzatore, posto più vicino al nastro (per le parti metalliche minute eventualmente sfuggite al primo deferrizzatore);
- essere dotato d'un vibrovaglio, per la selezione delle frazioni granulometriche. Le frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere, ecc...) devono essere, invece, automaticamente separate, anche in più stadi e convogliate in appositi contenitori.

Per garantire la costanza della qualità del prodotto, a prescindere dalle tipologie in alimentazione, l'impianto deve essere strutturato in modo tale da consentire la compensazione di carenze o eccedenze di frazioni granulometriche (dovute al tipo di materiale immesso nel ciclo); ciò, mediante la predisposizione di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente l'intero assortimento granulometrico richiesto.

L'impianto di trattamento deve essere qualificato dal committente per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, nonché la rispondenza alle prescrizioni metodologiche del processo dettagliate al punto 7.1.3 del D.M. 05/02/98, n.72. Ai fini del mantenimento degli standards qualitativi dell'impianto stesso, debbono essere effettuate visite di efficienza dell'impianto ogni 20.000 m³ di materiale lavorato e comunque almeno una ogni sei mesi.

Formazione estoccaggio delle partite

Le singole partite di prodotto, o lotti, devono essere stoccate su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separate e distinguibili le une dalle altre. Le partite hanno di norma dimensioni variabili da 500 a 3000 m³.

L'accumulazione del materiale può avvenire, per ciascuna partita:

- in cumuli di forma conica o simili, costituiti per caduta del materiale dall'alto senza particolari accorgimenti destinati ad evitare la segregazione granulometrica od a favorire la miscelazione degli apporti;
- in cumuli piatti ed estesi, a superficie superiore piana ed orizzontale; in tal caso possono essere sovrapposte partite diverse, purché la base di appoggio della partita sovrastante sia interamente interna, con adeguato margine, alla superficie superiore della partita sottostante;
- con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione;

- in volumi predisposti per un sistema di asportazione automaticamente omogeneizzante.

Eccezionalmente, una partita può essere costituita dal solo contenuto nel singolo veicolo impiegato per il trasporto.

Campionature per impianti ordinari

Durante l'esecuzione delle campionature devono essere annotate e riportate in apposito verbale di prelevamento tutte le notizie che possono concorrere a fornire utili indicazioni sulla rappresentatività dei prelevamenti stessi, sulla loro ubicazione e sulle condizioni dei materiali.

Ciascun campione deve essere tenuto separato dagli altri, chiuso in un contenitore contraddistinto da etichetta chiara ed inalterabile, quindi trasportato, adottando precauzioni idonee ad evitare l'alterazione delle caratteristiche del materiale, la variazione della granulometria, la segregazione e la perdita di materiale fino.

Prelievo dei campioni da cumuli conici o simili

Quando il materiale sia disposto in cumuli costituiti per caduta del materiale dall'alto senza particolari accorgimenti, il prelievo dei campioni deve essere eseguito come segue:

- se il materiale si presenta sufficientemente uniforme, si preleveranno almeno cinque campioni, del peso minimo di 50 kg, da parti diverse ed a differente quota del cumulo, adottando le accortezze previste dalla norma CNR 25/1972 par.6 e curando di ottenere la migliore rappresentatività possibile per i differenti tempi di costituzione del cumulo;
- se nello stesso cumulo il materiale presenta evidenti sensibili disuniformità, sia di colore, sia di granulometria, sia per altri caratteri di immediata evidenza, si devono prelevare distinti campioni in corrispondenza alle notate disuniformità, in numero almeno pari alle zone di diverse caratteristiche e, comunque, non inferiori a sei.

Prelievo dei campioni da cumuli piatti ed estesi

L'accumulazione in strati orizzontali è da preferire in quanto contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali. Il cumulo piatto ed esteso, costituente una singola partita, deve avere altezza massima di 3.00 m. Individuato approssimativamente il baricentro della superficie superiore del lotto da saggiare, si eseguono i prelievi, in numero non inferiore a quello indicato nella **Tabella 1.9**, in punti opportunamente prescelti su una spirale avente origine nel baricentro in modo da evidenziare eventuali disuniformità.

Tabella 1.9 Campionatura da cumuli piatti			
Volume del cumulo piatto (m ³)	< 500	500 – 1000	1000 – 3000
Numero minimo di campioni	3	4	5

Ciascun campione, del peso minimo di 50 kg, deve essere rappresentativo del materiale presente in tutto lo spessore del cumulo piatto, per altezze del cumulo inferiori a 3 metri. Per altezze superiori, in ognuno dei punti di prelievo va prelevato un campione ogni 3 metri o frazione.

Prelievo dei campioni da partite omogeneizzate in fase di formazione

Se le partite vengono disposte in cumuli piatti ed estesi ed omogeneizzate in modo automatico durante la loro formazione, la campionatura può essere effettuata progressivamente e contestualmente alla formazione, purché si adottino sistemi automatici atti a garantire la rappresentatività e la non alterabilità del prelievo. In tale caso il campione globale deve essere suddiviso in parti corrispondenti ad afflussi relativi al massimo a 3 metri di cumulo; ciascuna parte va ridotta, poi, per quartatura al peso minimo di circa 50 kg del campione da sottoporre a prova.

In alternativa possono essere eseguiti prelievi dopo aver terminato la formazione del cumulo, secondo la procedura più idonea tra quelle indicate nei paragrafi precedenti.

Prelievo dei campioni dai veicoli impiegati per il trasporto

Qualora si renda necessario eseguire il prelievo dei campioni dai veicoli impiegati per il trasporto del materiale, si procede, per ciascun veicolo, secondo la procedura e con le cautele indicate dalla norma UNI EN 932-1. I singoli campioni, del peso minimo di circa 50 kg devono essere tenuti separati e sottoposti separatamente a prova.

Campionatura per impianti a prodotto costante

Un impianto di trattamento dei materiali provenienti da riciclo può essere qualificato a "prodotto costante" se, oltre a quanto sopra descritto per l'impianto di lavorazione, permette di:

separare automaticamente, anche in più stadi, e convogliare in appositi contenitori le frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere ecc.);

compensare carenze o eccedenze di frazioni granulometriche, dovute al materiale immesso nel ciclo, mediante la presenza di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente un assortimento granulometrico costante.

L'impianto di trattamento deve essere qualificato. Ai fini del mantenimento degli standard qualitativi dell'impianto stesso, debbono essere effettuati controlli dell'impianto ogni 20.000 m³ di materiale lavorato e, comunque, almeno una ogni 6 mesi da parte di un Laboratorio accreditato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il numero di prelievi e di prove potrà essere dimezzato, se, per un anno di osservazioni e per un volume sottoposto a test di almeno 4000 m³ al mese per ciascuna delle dichiarate tipologie di impiego, i risultati delle prove di caratterizzazione hanno evidenziato una costanza di risultati conformi alle specifiche.

Qualora l'impianto sia anche dotato di laboratorio interno, i campioni, sempre dopo un anno di positiva e documentata sperimentazione, possono essere preparati in doppia serie a cura del laboratorio accreditato. La prima serie sarà sottoposta a prova dal laboratorio interno; della seconda serie il laboratorio accreditato sottoporrà a prova un campione ogni 10 o frazione.

Tutti i risultati di ciascuna serie di prove eseguite nel laboratorio interno, completi del verbale di esecuzione del prelievo, possono essere approvati se, prescelto a caso 1 campione su 10, i risultati dei due laboratori non differiscono di più della ripetibilità della singola prova, definita ufficialmente o, in mancanza, determinata nel corso della sperimentazione. In caso di positivo riscontro delle prove nel

laboratorio interno, le medesime avranno piena vigenza per tutto l'anno successivo, mantenendosi la cadenza annuale per i controlli comparativi da parte del laboratorio accreditato.

Accettazione

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle partite che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della partita proposta, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Ad ogni mutazione delle caratteristiche della partita, sia per provenienza dei materiali sia per tecnica di miscelazione, andrà ripetuta la documentazione di qualifica del materiale.

Posa in opera

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore (in genere non superiori a 30 cm) e costipato mediante rullatura leggera. La superficie degli strati deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza deve essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo livellatrici o macchine equivalenti.

Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

L'utilizzo di materiali da riciclo per la realizzazione del corpo dei rilevati è consentito purché interessi tutta l'impronta del rilevato stesso. Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di terre.

Il rilevato, quindi, deve essere costituito al massimo da due fasce di materiale differenti (riciclato e non) in senso verticale; in senso orizzontale, invece, deve essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati.

Il piano particolare delle lavorazioni indicherà i siti di impiego dei materiali riciclati confinandoli preferibilmente tra opere quali tombini, attraversamenti, opere d'arte ecc., onde evitare che, al contatto con materiali di caratteristiche differenti, si formino giunti o

superficie di discontinuità. Potrà altresì prevedere la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando gli inerti da riciclo esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando terre tradizionali per le fasce laterali. In tal caso i terreni di contronucleo vanno posti in strati di spessore pari a quelli realizzati con le materie da riciclo.

Controlli prestazionali

I controlli di compattazione, di portanza e di regolarità dei piani finiti, salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progettazione, sono conformi a quelli previsti per le terrenaturali.

Ogni 1.000 m³ di materiale steso in opera, si deve verificare che le caratteristiche del prodotto fornito rispettino i requisiti di qualificazione fisico – meccanica riportati nelle tabelle 1.5 – 1.6 – 1.7 - 1.8.

Campo prova

Una prova preliminare di sperimentazione in vera grandezza deve essere predisposta quando l'impiego dei materiali riciclati per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati supera complessivamente il

volume di 10.000 m³ o anche per volumi inferiori di inerti da riciclo il campo prova va predisposto quando i materiali disponibili presentino caratteristiche fisiche e comportamentali difforni dalle specifiche di Tabelle 1.5 – 1.6 – 1.7 – 1.8, o quando in progetto siano state indicate tipologie di inerti da riciclo differenti da quelle effettivamente reperite in zona.

Il campo prova deve essere controllato mediante la determinazione del modulo di deformazione M_d (CNR 146/92); le misure debbono essere effettuate per ogni strato almeno in cinque punti appartenenti ad una porzione di rilevato omogeneo, con interessamento in senso trasversale dell'intera piattaforma. Debbono essere, inoltre, misurati i valori della densità in sito, del contenuto d'acqua nella porzione di terreno in vicinanza dei punti di misura del modulo di deformazione, nonché gli spessori degli stati finiti.

13.4.6 Sottofondo

Il sottofondo è il volume di terra nel quale risultano ancora sensibili le sollecitazioni indotte dal traffico stradale e trasmesse dalla pavimentazione; rappresenta la zona di transizione fra il terreno in sito (nelle sezioni in trincea o a raso campagna) ovvero tra il rilevato e la pavimentazione.

Per assicurare i requisiti richiesti ai sottofondi delle pavimentazioni stradali, particolarmente per quanto riguarda la portanza (nello spazio e nel tempo) e la regolarità della superficie finita, è necessario prevedere la sistemazione dei sottofondi, generalmente, mediante la realizzazione di uno strato di caratteristiche idonee a coniugare le imperfezioni e l'eterogeneità dei movimenti di terra con l'omogeneità richiesta, invece, per la posa in opera della pavimentazione.

Questo strato (strato più superficiale del rilevato o bonifica del fondo naturale di trincea su cui poggia la pavimentazione), detto "strato di sottofondo" deve consentire, inoltre, per mezzo delle sue proprietà fisiche e meccaniche e tenuto conto dello spessore:

- *di conferire al supporto della pavimentazione, in ogni suo punto, una portanza sufficiente a garantire i livelli di stabilità e di funzionalità ammessi in progetto per la soprastruttura (omogeneizzazione della portanza);*
- *di proteggere, in fase di costruzione, gli strati sottostanti dall'infiltrazione d'acqua di pioggia e, durante l'esercizio, lo strato di fondazione soprastante dalle risalite di fino inquinante; quest'ultima funzione può essere assegnata ad uno strato ad hoc (in sabbia) o ad un geotessile non tessuto.*

In termini generali, lo spessore totale dello strato di sottofondo (da realizzare, a seconda dei casi, con la stesa ed il costipamento di uno o più strati) dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della soprastruttura.

Per la scelta del materiale e per i provvedimenti costruttivi occorre tenere conto, inoltre, dei rischi d'imbibizione dello strato (derivanti dalla presenza di una falda superficiale), delle condizioni climatiche previste in fase costruttiva (precipitazioni) ed in fase d'esercizio (gelo), nonché del prevedibile traffico dei mezzi di cantiere e delle necessità connesse alla costruzione della pavimentazione.

Materiali costituenti

Per la formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra occorre considerare che non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possono essere impiegati per realizzare strati di sottofondo:

- in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di $D=100$ mm;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, per ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari, con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (passante allo 0,075 mm minore del 12%) e non plastiche ($IP < 6$).

I tout-venant di cava ed i misti di fiume (naturali o corretti granulometricamente), con granulometria 0/100 mm ben assortita, appartenenti al gruppo A_{1-a} della classificazione CNR-UNI 10006, si prestano bene a costituire ottimi strati di sottofondo.

Fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico, possono essere impiegate, altresì, anche senza trattamento con legante, terre con indice di gruppo IG = 0, purché prive di elementi maggiori di D>100 mm e rispondenti ai requisiti di portanza appresso indicati.

Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate:

- terre dei gruppi A1-b, A2-4 ed A2-5, con passante allo 0.075 mm maggiore del 12%, previa stabilizzazione a cemento od a calce-cemento;
- terre dei gruppi A2-6 ed A2-7 con una percentuale di fino maggiore al 5% previa stabilizzazione mista (a calce e cemento) od a sola calce.
- limi dei gruppi A4 ed A5 previa stabilizzazione a calce e cemento, nonché le argille dei gruppi A6 ed A7, dotate di plasticità non eccessivamente elevata (IP< 25%), previa stabilizzazione con sola calce.

Nel caso in cui le prove di portanza CBR di laboratorio risultino significative (materiale con dimensioni inferiori a 20 mm), l'idoneità all'impiego della terra può essere accettata se essa presenta valori di indice di portanza CBR (energia AASHO Modificata) non inferiori a quanto appresso specificato:

- nel caso di sottofondi costituiti da terreni granulari, clima asciutto, assenza di rischi d'imbibizione per infiltrazione laterale o dall'alto o per risalita capillare:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; senza immersione);
- per sottofondi costituiti da terreni granulari, nel caso in cui una delle condizioni sopracitate venga a mancare:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; 4 giorni di immersione);
- nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; saturazione completa).

Infine, possono essere utilizzate per la formazione degli strati di sottofondo terre stabilizzate a cemento, a calce o a calce e cemento, e materiali provenienti da demolizione, nonché rocce tenere in disfacimento e/o autocementanti.

In questi ultimi casi, l'attitudine all'impiego deve essere valutata o mediante prove CBR di laboratorio, verificando il rispetto dei valori di portanza sopra indicati, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione Md sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in Tabella 1.11 (cfr. § 1.5).

Per un rapido allontanamento delle acque meteoriche i piani di sottofondo debbono essere sistemati con falde pendenti verso l'esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%.

13.5 CONTROLLI

Controllo delle forniture

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei

materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella

Tabella 1.10.

Tabella 1.10 Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali (una prova ogni.....m ³)						
Destinazione	Rilevato		Sottofondo		Massicci rinforzati	
Tipo di prova	Primi 10000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³
Classificazione (CNR-UNI 10006/63)	2.000	5.000	500	2.000	500	2.000
Umidità naturale	500	1.000	200	500	200	500
Costipamento AASHO (CNR 69/78)	5.000	10.000	1.000	5.000	1.000	5.000

Controllo della densità e della portanza

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione Md, al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92.

Il controllo mediante misure di densità in sito può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR 69/1978, la frazione di materiale trattenuta al crivello 25 UNI 2334 non supera il 35% della massa totale.

In questo caso le prove di controllo in cantiere riguardano:

- misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma CNR-UNI 10008/63;
- misure di massa volumica (densità) apparente.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di densità, per valutare il grado di costipamento si possono realizzare prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni modo, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato; inoltre, essa risulta necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato

In alternativa, od anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con la trave di Benkelmann (CNR 141/92) o con mezzi a elevato rendimento. Le soglie da raggiungere debbono essere

determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il parametro misurato in questi casi ed il modulo di deformazione, tenuto conto della struttura e della natura della terra in questione.

Le misure di deflessione (anche quelle puntuali) risultano, generalmente, più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, si prestano bene se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza dei sottofondi realizzati ed il sezionamento della strada in tronchi omogenei di portanza.

Livelli prestazionali

Nella **Tabella 1.11** sono riassunti i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione ed al tipo di strada.

Per gli strati di sottofondo, tenuto conto delle situazioni localmente presenti, possono assumersi soglie minime diverse da quelle riportate nella tabella, purché considerate nel progetto della pavimentazione e giustificate sotto il profilo tecnico-economico.

Dato che la portanza di una terra dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno grande in relazione alla natura della terra stessa, i livelli prestazionali indicati nella **Tabella 1.11** si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo:

$$w_{opt} - 2,0\% < w < w_{opt} + 2,0\% \quad (w_{opt}, \text{ da prove AASHO di laboratorio})$$

Se il contenuto d'acqua del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle misure effettuate e tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel rilevato di prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra (o di deflessione) occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

Tabella 1.11 Criteri di qualità e requisiti per gli strati di rilevato e di sottofondo				
STRATO	Tipo di Strada ⁽³⁾	Grado d'addensamento % $\gamma_{s \max}$ di laboratorio	Modulo di deformazione Md [N/mm ²]	Δh ⁽⁴⁾ [mm]
Sottofondo ⁽¹⁾	Autostrade ed Extraurbane principali	≥ 95 % AASHO Mod	≥ 50	$< 2,5$
	Altre	≥ 100 % AASHO St.	≥ 40	$< 3,0$
Rilevato ⁽²⁾	Autostrade ed Extraurbane principali	≥ 92 % AASHO Mod	≥ 30	$< 4,0$
	Altre	≥ 97 % AASHO St.	≥ 25	$< 5,0$

(1) In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di sottofondo;

(2) Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione;

(3) Tipi di strada secondo il Codice della Strada (Dlgs. 285/92);

(4) Cedimento permanente (Δh) misurato dopo passaggio di un autocarro con asse posteriore di 10 t, secondo la norma SNV 670365.

Per i materiali a granulometria grossolana, per i quali non è possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHO di laboratorio, come pure nel caso in cui non sia possibile procedere a misure di modulo di deformazione M_d (presenza di blocchi e/o elementi di grossa dimensione), il controllo degli strati finiti può essere effettuato in modo rapido, mediante misure del cedimento permanente (Δh) prodotto dal passaggio di un autocarro con asse posteriore di 10 t, in accordo allanorma SNV 670 365.

I valori ammissibili del cedimento permanente sono riportati nella **Tabella 1.11**.

Inoltre, trattandosi di misure ad elevato rendimento, le prove con autocarro con asse di 10 t sono convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza dei sottofondi sull'intera estensione della strada, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni di mezza costa.

Le misure di cedimento permanente sono di base per la scelta dei punti in cui effettuare misure del modulo di deformazione M_d e, quindi, sulla scorta dei risultati del modulo, per il sezionamento della strada in tronchi omogenei di portanza dei sottofondi.

Le prove di controllo sono effettuate nei posti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito verbale.

Numero di prove di controllo

Salvo documentate prescrizioni del Direttore dei Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in **Tab. 1.12**.

Tabella 1.12 Frequenza dei controlli sugli strati finiti (una prova ogni.....)					
Tipo di prova	RILEVATO		SOTTOFONDO		
	Primi 5.000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5.000 m ²	Ulteriori m ²	Superficie m ²
Densità	500 – 1.000	3000-5.000	350 - 500	1000	-
Modulo M_d ⁽²⁾	1.000-1500 ⁽¹⁾	5000 ⁽¹⁾	-	-	500 -1000

(1) Solo nel caso in cui non è possibile procedere al controllo mediante misure di densità

(2) Distanziamento tra le sezioni in cui ricadono i punti di misura nel profilo longitudinale

Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella **Tabella 1.11**.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati d'una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 5%, per le misure di densità secca γ_s ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo M_d o altra grandezza).

Tronchi omogenei

Eccetto che per le strade soggette a traffico pesante limitato (meno di 100 veicoli commerciali al giorno, per ogni corsia) è fatto obbligo all'Impresa di verificare le soluzioni previste in progetto per la pavimentazione stradale, tenuto conto della distribuzione della portanza dei sottofondi determinata nel corso dei controlli di ricezione.

Allo scopo, occorre sezionare la strada in tronchi omogenei (o classi) di portanza dei sottofondi. Per fare ciò, è necessario avere una chiara rappresentazione della variazione spaziale della portanza che, a seconda dei casi, può essere fornita:

- dalle misure puntuali di portanza (per tronchi stradali di modesta importanza) effettuate nel corso delle prove di controllo dei sottofondi, se in numero sufficiente;
- dalle misure di cui sopra, eventualmente integrate dalle misure di cedimento permanente realizzate con autocarro con asse di 10 t;
- dall'auscultazione in continuo della portanza dei sottofondi, sull'intera estesa della strada, ottenuta con mezzi ad elevato rendimento.

Quest'ultimo caso deve intendersi obbligatorio per la costruzione dei tronchi autostradali e di strade extraurbane principali;

Le classi di portanza omogenee sono individuate sulla base della dispersione delle misure, tramite il coefficiente di variazione ($C_v = \sigma/m$).

Per i sottofondi appartenenti ad una stessa classe il coefficiente di variazione calcolato sulla base di almeno 10 misure di portanza, deve risultare inferiore a 0,50.

Tolleranze d'esecuzione dei piani di progetto

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- $\pm 2\%$ per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;
- ± 3 cm, per i piani di sottofondo;
- ± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;
- ± 10 cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

- ogni 500 m², per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 200 m², per i piani di posa della pavimentazione.

Livelli prestazionali richiesti su sottofondi stabilizzati a cemento e/o calce e controlli

Il controllo della qualità della stabilizzazione con calce e cemento deve essere eseguito mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicate nella Tabella D.1.

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

A compattazione ultimata la densità del secco in situ (γ_s), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (DIN 18125-2, ASTM D 1556-90).

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2 (s - 2)^2$$

dove s è lo scostamento percentuale della densità in situ (γ_s) rispetto a quella di laboratorio ($\gamma_{s,ottimo}$) valutato con:

$$s = 100 (0,98\gamma_{s,ottimo} - \gamma_s) / 0,98\gamma_{s,ottimo}$$

Valori della densità del secco, inferiori al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$), misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Standard (UNI EN 13286-2, DIN 18127) comportano la ripetizione del trattamento a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura

Le prove di controllo della portanza devono essere eseguite con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD.

Il Modulo di deformazione E_{v2} deve essere non inferiore a 150 MPa entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 200 MPa dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato sempre con rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiore a 2,15.

Quando il valore di E_{v2} risulta maggiore di 250 MPa, il rapporto E_{v2}/E_{v1} non è rilevante.

Per valori medi del modulo E_{v2} , determinati con prove di carico su piastra dopo 3 giorni dalla realizzazione inferiori a 200 MPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari

a:

$$\% \text{ di detrazione} = \gamma (200 - E_{v2}) / 5\gamma^2$$

Valori del modulo E_{v2} (dopo 3 giorni) inferiori a 180 MPa e/o del rapporto E_{v2}/E_{v1} inferiori a 2,15 (solo per E_{v2} inferiore a 250 MPa) comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento, i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali. Per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, viene individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale viene valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

La Direzione Lavori, quando lo ritiene necessario, può eseguire ulteriori controlli mediante macchina a massabattente (Falling Weight Deflectometer – FWD).

L'85° percentile dei valori del modulo elastico, rilevati dopo 90 giorni dalla posa in opera, non deve essere superiore a 12,0 GPa. Il 15° percentile degli stessi valori non deve essere inferiore a 4,0 GPa. Per valori dell'85° percentile del modulo elastico, superiori a 12,0 GPa, viene applicata allo strato di fondazione e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dalla fondazione al tappeto di usura) una detrazione pari al 10%.

Per valori del modulo elastico al 15° percentile, inferiori a 4,0 GPa, viene applicata allo strato di fondazione e a quelli sovrastanti (intero pacchetto dalla fondazione al tappeto di usura) una detrazione pari a:

% di detrazione = $5 (s+s^2)$

in cui s è la differenza tra 4 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Le penali in precedenza indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella D.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Miscela di aggregati prima della stesa del legante (calce e cemento)	Fascia di stesa prima dello spandimento del legante	ogni 2000 mq di materiale lavorato	Curva granulometrica di progetto
Miscela di aggregati prima della miscelazione con la calce	Fascia di stesa dopo lo spandimento del legante	ogni 2000 mq di materiale lavorato	Quantità di calce stesa per mq Quantità di cemento steso per mq
Strato finito	Fascia di stesa ultimata	Ogni 500 ml di fascia di stesa	densità in sito non inferiore al 98 % della densità di laboratorio con metodo AASHTO standard
Strato finito dopo 3 giorni dalla compattazione	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 ml di fascia di stesa	modulo di deformazione E_{v2} , determinato con prove di carico su piastra da 300 mm secondo la DIN 18134, non inferiori a 180 Mpa con rapporto $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

14 COSTRUZIONI STRADALI - FORMAZIONE DI STRATI IN MISTO GRANULARE

Il misto granulare è costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego⁵ eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazionigranulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. Nella sovrastrutturastradale il misto granulare è impiegato per la costruzione di strati di fondazione e di base.

14.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

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** può 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 nelle **Tabelle 2.1**.

⁵ per misti confezionati con aggregati riciclati si farà riferimento a studi specifici

AGGREGATO GROSSO

Tabella 2.1.1

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	Fondazione	Base
Los Angeles	UNI EN 1097/2	%	≤ 30	(*)
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	-	(*)
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	(*)
Dimensione max	UNI EN 933/1	mm	63	(*)
Sensibilità al gelo ²	CNR 80/80	%	≤ 20	(*)
(*) Materiale non idoneo salvo studi particolari				

Tabella 2.1.2

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30	(*)
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	(*)
Quantità di frantumato	-	%	>30	(*)
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63	(*)
Sensibilità al gelo ³	CNR 80/80	%	≤ 20	(*)

Tabella 2.1.3

STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 40	≤ 30
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	≤ 25
Quantità di frantumato	-	%	-	≥ 60
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63	63
Sensibilità al gelo ³	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 20

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nelle **Tabelle 2.2**.

AGGREGATO FINO

Tabella 2.2.1

AUTOSTRAD E EXTRAURBANE PRINCIPALI				
Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 50	(*)
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	(*)
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	(*)
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	(*)
(*) Materiale non idoneo salvo studi particolari				

Tabella 2.2.2

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO				
Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	%	≥ 40	(*)
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	(*)
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	(*)
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 6	(*)

Tabella 2.2.3

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	CNR 27/72	%	≥ 40	≥ 50
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	≤ 6	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 35	≤ 25
Passante allo 0.075	CNR 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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Miscela

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in **Tabella 2.3**.

Tabella 2.3

Serie crivelli ³ e setacci UNI		Passante (%)	
Crivello	70	100	-
Crivello	30	70 - 100	100
Crivello	15	-	70 - 100
Crivello	10	30 - 70	50 - 85
Crivello	5	23 - 55	35 - 65
Setaccio	2	15 - 40	25 - 50
Setaccio	0.4	8 - 25	15 - 30
Setaccio	0.075	2 - 15	5 - 15

La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato di misto granulare ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI

0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3.

L'indice di portanza CBR (CNR-UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (M_R) della miscela impiegata deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato applicando la norma AASHTO T294 o altra metodologia indicata dal progettista.

Il modulo di deformazione (M_d) dello strato deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 146/92)

Il modulo di reazione (k) dello strato deve essere quello inserito nel calcolo della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 92/83)

I diversi componenti e, in particolare le sabbie, debbono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili

14.2 ACCETTAZIONE DEL MISTO GRANULARE

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, 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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti., attestanti il possesso dei requisiti elencati al paragrafo 2.1. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHTO modificata (CNR 69/78). Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

14.3 CONFEZIONAMENTO DEL MISTO GRANULARE

L'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed 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.

14.4 POSA IN OPERA DEL MISTO GRANULARE

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. 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.

Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità o per effetto di danni dovuti al gelo, esso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi. Per ogni cantiere, l'idoneità dei mezzi d'opera e le modalità di costipamento devono essere, determinate, in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'esecuzione dei lavori, mediante una prova sperimentale di campo, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

14.5 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 sito al momento della stesa oltre che con prove sullo strato finito. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella

Tabella 2.4.

Materiali

Le caratteristiche di accettazione dei materiali elencate al paragrafo 2.1, vanno verificate prima dell'inizio dei lavori, ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali e successivamente ogni 2 mesi.

Miscela

La granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo avere effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 punti

e di ± 2 punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso assegnato (**Tabella 2.3**). L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

Costipamento

A compattazione ultimata la densità del secco in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (γ_{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 22/72). Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

del 10 % dell'importo dello strato, per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;

del 20 % dell'importo dello strato, per densità in sito comprese tra 93 e 95 % del valore di riferimento.

Il confronto tra le misure di densità in sito ed 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. In caso contrario, se il trattenuto al crivello UNI 25 mm è inferiore al 20%, si può effettuare il controllo previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'd}{V - V'}$$

P_d : Peso secco totale del materiale prelevato;

V : Volume totale occupato in sito;

$P'd$: Peso secco della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm;

$V' = P'd / \gamma_s$: Volume della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm;

γ_s : Peso specifico della frazione trattenuta al crivello UNI 25 mm.

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, ai sensi di quanto previsto al punto 2.2. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo, sono ammesse sia prove puntuali (Prove di carico con piastra o misure di deflessione) sia prove ad elevato rendimento.

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. Per valori medi di portanza inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto granulare viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze comprese tra il 10 ed il 20%, al misto granulare viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 20%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito.

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 4m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La verifica delle quote di progetto va eseguita con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 metri nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 metri nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota va verificata la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra ed a sinistra dell'asse stradale.

Lo spessore medio deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

Tabella 2.4

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabelle 2.1.1 – 2.1.3
Aggregato fino	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabelle 2.1.1 – 2.2.3
Miscela	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m ³ di stesa	Curva granulometrica di progetto
Sagoma	Strato finito	Ogni 20m o ogni 5m	Sagoma previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m ² di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 1.000 m ² m di fascia stesa	Prestazioni previste in progetto

15 COSTRUZIONI STRADALI – FORMAZIONE DI STRATI DI FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO

Il misto cementato è costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego⁶ (misto granulare), trattata con un legante idraulico (cemento). La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

15.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Aggregati

Gli aggregati sono gli elementi lapidei miscelando i quali si ottiene il misto granulare che costituisce la base del misto cementato.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5) e dagli aggregati fini.

L'**aggregato grosso** deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati⁷, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella **Tabella 3.1**.

AGGREGATO GROSSO

Tabella 3.1

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30
Quantità di frantumato	-	%	≥ 30
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40
Sensibilità al gelo ³	CNR 80/80	%	≤ 30
Passante al setaccio 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1
Contenuto di:			
- Rocce reagenti con alcali del cemento		%	≤ 1

L'**aggregato fino** deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella **Tabella 3.2**.

AGGREGATO FINO

Tabella 3.2

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 30; ≤ 60
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25
Indice Plastico	CNR-UNI 10014	%	NP
Contenuto di:			
- Rocce tenere, alterate o scistose	CNR 104/84	%	≤ 1
- Rocce degradabili o solfatiche	CNR 104/84	%	≤ 1
- Rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 104/84	%	≤ 1

⁶ Per misti confezionati con aggregati riciclati si farà riferimento a studi specifici.

⁷ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Cemento

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 314.

Acqua

L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva.

Aggiunte

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

È ammesso l'utilizzo di **ceneri volanti** conformi alla norma UNI EN 450, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza.

Miscela

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in **Tabella 3.3**.

Tabella 3.3

Serie crivelli ⁴ e setacci UNI		Autostrade e strade extraurbane principali	Extraurbane econdarie ed Urbane di scorrimento	Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali
		Passante (%)		
Crivello	40	100	100	
Crivello	30	80 - 100	-	
Crivello	25	72 - 90	65 - 100	
Crivello	15	53 - 70	45 - 78	
Crivello	10	40 - 55	35 - 68	
Crivello	5	28 - 40	23 - 53	
Setaccio	2	18 - 30	14 - 40	
Setaccio	0.4	8 - 18	6 - 23	
Setaccio	0.18	6 - 14	2 - 15	
Setaccio	0.075	5 - 10	-	

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti dosate in sostituzione del cemento stesso, ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in peso rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare di base.

Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29. In particolare, le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella **Tabella 3.4**.

Tabella 3.4

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 7gg	CNR 29/72	$2.5 \leq R_c \leq 4.5 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione indiretta a 7gg (Prova Brasiliana) ^b	CNR 97/84	$R_t \geq 0.25 \text{ N/mm}^2$

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm^2 .

Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

15.2 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato, che nondovrà essere più vecchio di un anno.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

Nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di aggregato grosso di ± 5 punti e di ± 2 punti per l'aggregato fino.

In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso.

Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di $\pm 0.5\%$.

15.3 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

15.4 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa dev'essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

15.5 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di normale due ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

15.6 PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 daN/m² (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenze raggiunta dal misto.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

15.7 CONTROLLI

Autostrade e strade extraurbane principali

I controlli si differenziano in funzione del tipo di strada.

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 3.5**.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati, presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, i controlli della percentuale di cemento e della distribuzione granulometrica dell'aggregato. I valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori. Per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 6395⁸.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco, per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli della densità in sito e della portanza.

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22. Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante, per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;

del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante, per densità in sito comprese tra 92 e 95 % del valore di riferimento.

La misura della portanza dovrà 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

⁸ Il contenuto di fine (passante al setaccio UNI 0.25) degli aggregati è quello che risulta dai controlli effettuati sulle singole pezzature di aggregato fine ed aggregato grosso.

documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto previsto al punto 3.2. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo, sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico su piastra), che prove effettuate sullo strato ricoperto. Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto cementato su ciascun tronco omogeneo, non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto. Per misure di portanza inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti, viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze fino al 20%, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 20%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito.

Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

Extraurbane secondarie ed Urbane scorrimento

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 3.6**.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati, presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, i controlli della percentuale di cemento, della distribuzione granulometrica dell'aggregato; i valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori. Per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 6395⁹.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli delle densità in sito e della portanza.

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22. Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 20 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 92 e 95 % del valore di riferimento.

⁹ Il contenuto di fine (passante al setaccio UNI 0.25) degli aggregati è quello che risulta dai controlli effettuati sulle singole pezzature di aggregato fine ed aggregato grosso.

La misura della portanza dovrà 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, ai sensi di quanto previsto al punto 3.2. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo, sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico su piastra), che prove effettuate sullo strato ricoperto.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto cementato su ciascun tronco omogeneo, non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto. Per misure di portanza inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti, viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze fino al 20%, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 20%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito.

In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo basato sulla resistenza a compressione e sulla resistenza a trazione indiretta del materiale prelevato all'atto della stesa. La resistenza a compressione di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto dal B.U. CNR

N. 29. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29 e portati a rottura secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 97.

I valori di resistenza, per ciascun tratto omogeneo, dovranno essere conformi a quanto indicato nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori. Per valori di resistenza inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti, viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze fino al 20%, al misto cementato ed a tutti gli strati sovrastanti viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 20%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito.

Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 3.7**.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati, presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, i controlli della percentuale di cemento, della distribuzione granulometrica dell'aggregato; i valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori. Per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 6395.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di

progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Sullo strato finito sarà effettuato il controllo della densità in sito.

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22. Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 % del valore di riferimento.

Tabella 3.5

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI			
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 3.1
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 3.2
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 3.1
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 3.1
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 3.1
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m ² di stesa	Curva granulometrica di progetto; Contenuto di cemento
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m ² di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa	Prestazioni previste in progetto

Tabella 3.6

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO			
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 3.1
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 3.2
Acqua	Impianto	Iniziale	Paragrafo 3.1
Cemento	Impianto	Iniziale	Paragrafo 3.1
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Paragrafo 3.1
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m ² di stesa	Curva granulometrica di progetto; contenuto di cemento
Misto cementato fresco (*)	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m ² di stesa	Resistenza a compressione; resistenza a trazione indiretta
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m ² di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza) (*)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa	Prestazioni previste in progetto
(*) Il controllo sul misto cementato fresco può sostituire quello sullo strato finito			

16 COSTRUZIONI STRADALI - FORMAZIONE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO CONFEZIONATO CON BITUME MODIFICATO

I conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitumi modificati sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitumemodificato con polimeri ed additivi.

16.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Bitume

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

A seconda del tipo di strada, del traffico e della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo A oppure del tipo B con le caratteristiche indicate nella **Tabella 5.1**.

Tabella 5.1				
Bitume				
Parametro	Normativa	unità di misura	tipo A	tipo B
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70	50/70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≥ 65	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593 CNR43 /74	°C	≤ - 15	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≥ 0,4	≥ 0,25
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 75%	≥ 50%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	EN 13399	°C	≤ 0,5	≤ 0,5
Variazione del punto di Rammollimento				
Valori dopo RTFOT				
Volatilità	EN12607-1			
Penetrazione residua a 25°C	CNR54/77	%	≤ 0,8	≤ 0,8
Incremento del punto di Rammollimento	EN1426, CNR24/71	%	≥ 60	≥ 60
	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 5	≤ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli **attivanti d'adesione**, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle tabelle 5.3, 5.7, 5.8. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitumi modificati. Gli aggregati risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5), degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'**aggregato grosso** deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati¹⁰, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle **Tabelle 5.2** al variare del tipo di strada.

AGGREGATO GROSSO

Tabella 5.2.1

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI					
Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤ 25	≤ 25	≤ 20
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	%	≤ 20	≤ 20	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	≥ 90	≥ 90	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%		≤ 25	≤ 20
Porosità	CNR 65/78	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR 140/92	%			≥ 42
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

¹⁰ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

Tabella 5.2.2

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO					
Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤ 30	≤ 30	≤ 20
Micro Deval Umida (*)	CNR 109/85	%	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	≥ 70	≥ 80	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.0075	CNR 75/80	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%		≤ 30	≤ 30
Porosità	CNR 65/78	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR 140/92	%			≥ 40

(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.

Tabella 5.2.3

STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI					
Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤ 40	≤ 40	≤ 25
Micro Deval Umida (*)	CNR 109/85	%	≤ 35	≤ 35	≤ 20
Quantità di frantumato	-	%	≥ 60	≥ 70	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5	≤ 5	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Indice appiattimento	CNR 95/84	%		≤ 35	≤ 30
Porosità	CNR 65/78	%		≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	CNR 140/92	%			≥ 40

(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con CLA ≥ 43, pari almeno al 30% del totale.

In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa “resistente” o materiali simili, scoried’altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (CLA ≥ 50) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell’argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

L’**aggregato fino** deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione.

A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume modificato devono possedere le caratteristiche riassunte nelle **Tabella 5.3**.

AGGREGATO FINO

Tabella 5.3.1

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI					
Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 50	≥ 60	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		≤ 2	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%		≥ 50	≥ 70

Tabella 5.3.2

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO					
Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	%	≥ 50	≥ 60	≥ 70
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		≤ 2	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%		≥ 40	≥ 50

Tabella 5.3.3

STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI					
Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	%	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25		
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		≤ 3	≤ 3
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%		≥ 40	≥ 50

Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di $CLA \leq 42$.

Il **filler**, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, dacemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo confezionati con bitume modificato deve soddisfare i requisiti indicati in **Tabella 5.4**.

Tabella 5.4

TUTTE LE STRADE			
Filler			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in **Tabella 5.5.**

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa **Tabella 5.5.**

Tabella 5.5

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura		
				A	B	C
Crivello	40	100	-	-	-	-
Crivello	30	80 – 100	-	-	-	-
Crivello	25	70 – 95	100	100	-	-
Crivello	15	45 – 70	65 - 85	90 – 100	100	-
Crivello	10	35 – 60	55 – 75	70 – 90	70 – 90	100
Crivello	5	25 – 50	35 – 55	40 – 55	40 – 60	45 – 65
Setaccio	2	20 – 35	25 – 38	25 – 38	25 – 38	28 – 45
Setaccio	0,4	6 – 20	10 – 20	11 – 20	11 – 20	13 – 25
Setaccio	0.18	4 – 14	5 – 15	8 – 15	8 – 15	8 – 15
Setaccio	0.075	4 – 8	4 - 8	6 - 10	6 - 10	6 – 10
% di bitume		4,0 – 5,0	4,5 – 5,5	4,8 – 5,8	5,0 – 6,0	5,2 – 6,2

Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3 – 4 cm, il fuso C per spessori inferiori a 3 cm.

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate in **Tabella 5.6** ed in **Tabella 5.7.**

Tabella 5.6

METODO VOLUMETRICO	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	Kpa	600		
Diametro del provino	mm	150		
Risultati richiesti				
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 – 14	10 – 14	10 – 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	3 – 5	3 – 5	4 – 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm ²			> 0,6
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25 °C (**)	N/mm ²			>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G				
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria				

Sulla miscela definita con la pressa giratoria (provini confezionati al 98% della D_G) deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo complesso, modulo elastico, ecc.) che deve soddisfare le prescrizioni per esso indicate nel progetto della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa.

Tabella 5.7

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Costipamento		75 colpi x faccia		
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	KN	8	10	11
Rigidità Marshall	KN/mm	> 2,5	3–4,5	3–4,5
Vuoti residui (*)	%	4 – 7	4 – 6	3 – 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²			> 0,7
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²			> 70
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M				

11

16.2 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla D.L., con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Una volta accettato da parte della D.L. lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 per lo strato di base e di ± 3 per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato

¹¹ Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 \cdot D \cdot R_t / D_c$

Dove:

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

D_c = deformazione a rottura

R_t = resistenza a trazione indiretta

fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in ± 2 ; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm di $\pm 1,5$.

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25$.

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

16.3 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagnidi acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

16.4 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per **mano di ancoraggio** si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate in **Tabella 5.8**, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m².

Tabella 5.8			
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Cationica 55%</i>
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	45±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	55±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	1-6
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	2-6
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	> 70
Punto di ramollimento	CNR 35/73	°C	> 30

Mani d'attacco

Per **mano d'attacco** si intende una emulsione applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione del nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le caratteristiche ed il dosaggio variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in **Tabella 5.9**, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 Kg/m².

Tabella 5.9			
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Modificata 70%</i>
Polarità	CNR 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	70±1
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di ramollimento	CNR 35/73	°C	> 65
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	> 75

Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente il dosaggio deve essere aumentato in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 Kg/m².

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati nella **Tabella 5.9**.

16.5 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La posa in opera dei conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C. La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità e ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla

D.L. la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive

tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa modificata in ragione di $0,3 \text{ Kg/m}^2$ di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dellostrato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

16.6 CONTROLLI

I controlli si differenziano in funzione del tipo di strada.

Autostrade e strade extraurbane principali

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 5.10**. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sul conglomerato bituminoso prelevato dalla vibrofinitrice si valutano le caratteristiche meccaniche definite mediante opportuni parametri¹². I valori di tali grandezze sono determinati su provini confezionati in laboratorio con pressa giratoria, fino al raggiungimento della densità pari a quella misurata su carote prelevate in situ.

Sulla pavimentazione finita, il controllo si esegue mediante indagine sul bacino di deflessione o con la stima delle caratteristiche meccaniche dei diversi strati costituenti la sovrastruttura.

La capacità portante della pavimentazione può essere determinata con il deflettometro Benkelmann (CNR 141/92) o con sistemi analoghi di tipo dinamico¹³.

Per l'accettazione della sovrastruttura deve verificarsi che i valori di deflessione misurati devono essere uguali o minori di quelli ammessi nel calcolo di progetto in relazione alla vita utile prevista per la pavimentazione.

La media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km) deve essere confrontata con il valore previsto in progetto.

Per risultati superiori fino al 10% alla pavimentazione (tutti gli strati) viene applicata una detrazione del 10% del prezzo; per risultati superiori compresi tra il 10% e il 15% viene applicata una penale del 20% per tutto il tratto omogeneo.

Per misure di deflessione superiori al 20% del valore ammissibile in progetto la pavimentazione deve essere demolita e ricostruita o, se l'andamento plano-altimetrico consente, adeguatamente rinforzata con un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

¹² Modulo elastico, modulo complesso E, angolo di fase δ , ecc.

¹³ Falling Weight Deflectometer, Curviametre, ecc.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dall'asfaltamento, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Le stesse misure possono essere effettuate in continuo con apparecchiature georadar. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del valore D_G (ovvero D_M) risultante dallo studio della miscela. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 % di D_G (ovvero D_M);
- del 20 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di D_G (ovvero D_M).

Per il tappeto di usura il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,60. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo¹⁴ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") sia inferiore ai valori prescritti, il tappeto di usura viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

¹⁴ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

Extraurbane secondarie ed Urbane discorrimento

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 5.11**. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (D_M), stabilità e rigidità (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (CNR n. 121/87); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Per tutte le miscele viene inoltre controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (CNR 106/85). Il parametro J_1 a 10 °C deve essere compreso tra 20 e 40 $\text{cm}^2/(\text{daN}\cdot\text{s})$ mentre J_p a 40 °C deve essere compreso tra 10×10^6 e $25 \times 10^6 \text{ cm}^2/(\text{daN}\cdot\text{s})$.

Dopo la stesa la D.L. preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui ed il modulo complesso E (Norma prEN 12697-26). Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione di quest'ultima prova, il modulo complesso verrà determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della densità in situ.

Per valori del modulo complesso E inferiori a quelli di progetto, con una tolleranza del 10%, verrà applicata una detrazione dello 0,4% del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di carenza, oltre la tolleranza, del modulo dinamico a compressione.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori a quelli previsti (ottenuti dalla miscela di progetto proposta dall'Impresa) verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per il tappeto di usura l'aderenza (resistenza di attrito radente) misurata con lo Skid Tester secondo la norma CNR 105/85 deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) uguali o maggiori di 60; l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm. Qualora il valore medio di BPN o HS, per ciascuna tratta, sia inferiore ai valori prescritti, il tappeto di usura viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di BPN o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 5.12**.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sulla miscela deve essere determinata la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione; devono inoltre essere controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (D_M), stabilità e rigidità (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Dopo la stesa la D.L. preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui e lo spessore facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori a quelli previsti (ottenuti dalla miscela di progetto proposta dall'Impresa) verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per il tappeto di usura verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la Norma CNR 105/85. Per valori di BPN (British Pendulum Number), inferiori a 55 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

Tabella 5.10

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.1
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.3.1
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.4.1
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.5
Base, Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Modulo complesso, angolo di fase, ecc. previsti in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Base, Binder, Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa	Bacino di deflessione uguale o minore di quello ammesso in progetto
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	CAT \geq 0,60 e HS \geq 0,4 mm (media su 50m) BPN \geq 60 (ogni 50 m)

Tabella 5.11

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.1
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.3.2
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.4.2
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.5
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	J1 a 10 °C compreso tra 20 e 40 cm ² /(daN*s) Jp a 40 °C compreso tra 10 x 10 ⁶ e 25 x 10 ⁶ cm ² /(daN*s)
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Base, Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	90% del valore previsto in progetto
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	BPN ≥ 60 HS ≥ 0,4 mm

Tabella 5.12

STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.1
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.3.3
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.4.3
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.5
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	BPN ≥ 55

17 COSTRUZIONI STRADALI - FORMAZIONE DI MANTI DI USURA SPECIALI

Nel presente articolo sono trattati i conglomerati bituminosi a caldo cosiddetti *di nuova generazione* impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali.

Si tratta di conglomerati che, grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e all'elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di pervenire a prestazioni di livello superiore in termini di durabilità, stabilità e sicurezza.

Tra i più diffusi manti di usura speciali sono da considerare i tappeti drenanti, i microtappeti a caldo e gli splittmastix. Per tutti questi manti, ed in particolare per i drenanti, l'elevato contributo fornito alla sicurezza suggerisce una progressiva maggiore applicazione sia nel caso di pavimentazioni di nuove strade, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

Gli strati di usura drenanti sono tappeti dotati di elevata rugosità superficiale, drenanti e fonoassorbenti, in grado di fornire una buona aderenza anche in caso di pioggia e di abbattere il rumore di rotolamento. I microtappeti a caldo sono manti di spessore ridotto, caratterizzati da una elevata rugosità superficiale, parzialmente drenanti e fonoassorbenti.

Gli splittmastix sono conglomerati chiusi, ad alto contenuto di graniglie e di legante, in grado di fornire rugosità superficiale, stabilità, resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento.

17.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Bitume

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Per i **conglomerati bituminosi drenanti** il bitume deve essere del tipo A con le caratteristiche indicate nella **Tabella 6.1**.

Per i **microtappeti a caldo** il bitume deve essere del tipo A con le caratteristiche indicate nella **Tabella 6.1**.

Per gli **splittmastix**, a seconda del tipo di strada, del traffico e della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo del tipo A oppure del tipo B con le caratteristiche indicate nella **Tabella 6.1**.

Tabella 6.1

Bitume				
Parametro	Normativa	unità di misura	tipo A	tipo B
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70	50/70
Punto di ramollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≥ 65	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	CNR43 /74	°C	≤ - 15	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≥ 0,4	≥ 0,25
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 75%	≥ 50%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN 13399	°C	≤ 0,5	≤ 0,5
Valori dopo RTFOT				
Volatilità	CNR54/77	%	≤ 0,8	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 60	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 5	≤ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli **attivanti d'adesione**, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle tabelle 6.2, 6.6, 6.7. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Le **fibre minerali** nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati per manti di usura speciali.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5), degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'**aggregato grosso** deve essere costituito da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee o da elementi naturali tondeggianti frantumati¹⁵. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle **Tabelle 6.2**.

¹⁵ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

Tabella 6.2

AGGREGATO GROSSO			
Trattenuto al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 20
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30
Spogliamento	CNR 138/92	%	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1
Coefficiente di forma	CNR 95/84		≤ 3
Coefficiente di appiattimento	CNR 95/84		$\leq 1,58$
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	≤ 20
Porosità	CNR 65/78	%	$\leq 1,5$
CLA	CNR 140/92	%	≥ 45

L'**aggregato fino** deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella **Tabella 6.3**.

Il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di CLA ≤ 42 .

Tabella 6.3

AGGREGATO FINO			
Passante al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 80
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	100

Il **filler**, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, dacemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi di usura speciali deve soddisfare i requisiti indicati nella **Tabella 6.4**.

Tabella 6.4

FILLER			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi per i **conglomerati bituminosi drenanti** deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in **Tabella 6.5.1**. Nelle zone in cui si vuole ulteriormente favorire l'aderenza e la fono-assorbenza dell'asfaltatura può essere consentito l'uso di un 10% in peso di argilla espansa di tipo "strutturale" di pezzatura 6/15 mm rispondente alle seguenti caratteristiche:

Resistenza allo schiacciamento: $\geq 35 \text{ daN/cm}^2$ (UNI 7549 p.7a) C.L.A.: $\geq 0,65$ (CNR 140/92)

La miscela, per migliorare la stabilità del mastice bituminoso, può essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa **Tabella 6.5.1**.

Tabella 6.5.1		
Serie crivelli e setacci UNI		%Passanti
Crivello	20	100
Crivello	15	80 – 100
Crivello	10	20 – 40
Crivello	5	15 – 25
Setaccio	2	10 – 20
Setaccio	0,4	8 – 12
Setaccio	0.18	7 – 10
Setaccio	0.075	5 – 7
Percentuale di bitume		5,0 – 6,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nella **Tabella 6.6.1** e nella **Tabella 6.7.1**

Tabella 6.6.1

METODO VOLUMETRICO		
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori</i>
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	20 – 24
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	16 – 18
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 13
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm ²	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25 °C (**)	N/mm ²	> 30
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Tabella 6.7.1

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>5
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,0
Vuoti residui (*)	%	> 18
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 30
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

Per le autostrade e le strade extraurbane principali si deve valutare anche l'ERNL Emission Road Noise Level, rumore di rotolamento producibile. I valori di tale parametro determinati su provette parallelepipedo di 40x40x10 cm confezionate con la miscela ottimizzata devono essere inferiori a 70 dB(A).

La miscela degli aggregati da adottarsi per i **microtappeti a caldo** deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in **Tabella 6.5.2**.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa **Tabella 6.5.2**

Tabella 6.5.2

Serie crivelli e setacci UNI		%Passanti
Crivello	15	100
Crivello	10	90 – 100
Crivello	5	20 – 30
Setaccio	2	15 – 25
Setaccio	0,4	8 – 16
Setaccio	0.18	6 – 12
Setaccio	0.075	5 – 10
Percentuale di bitume		5,0 – 6,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nella **Tabella 6.6.2** e nella **Tabella 6.7.2**

Tabella 6.6.2

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		$1.25^\circ \pm 0.02$
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	18 - 22
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	10 - 14
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm ²	$> 0,14$
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	> 25
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Tabella 6.7.2

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>6
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 – 3,0
Vuoti residui (*)	%	10 – 14
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 0,45
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 45
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

La miscela degli aggregati da adottarsi per gli **splittmastix** dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in **Tabella 6.5.3**.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, dovrà essere compresa nei limiti indicati nella stessa **Tabella 6.5.3**.

Tabella 6.5.3

Setacci ASTM		Tipo 0/12	Tipo 0/8	Tipo 0/5
Setaccio	¾"	100		
Setaccio	½"	90 – 100	100	
Setaccio	3/8"	53 – 75	90 – 100	100
Setaccio	n. 4	30 – 55	30 – 48	90 – 100
Setaccio	n. 10	20 – 30	18 – 28	16 – 26
Setaccio	n. 40	12 – 22	10 – 20	10 – 18
Setaccio	n. 80	9 – 18	9 – 18	9 – 16
Setaccio	n. 200	8 – 12	8 – 12	8 – 12
Percentuale di bitume		6,5 – 7,5	6,5 – 7,5	7,0 – 8,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Le caratteristiche richieste per lo splittmastix sono riportate nella **Tabella 6.6.3** e nella **Tabella 6.7.3**.

Tabella 6.6.3

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	8 – 12
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	2 – 4
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm ²	> 0,5
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm ²	> 45
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua		
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G		
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

Tabella 6.7.3

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>9
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 – 3,0
Vuoti residui (*)	%	2 – 4
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 0, 60
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		

17.2 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di ± 3 , del contenuto di aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) di ± 2 , del passante al setaccio UNI 0,075 mm di $\pm 1,5$.

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25$.

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto e alla stesa come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

17.3 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagnidi acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante tra 160° C e 180° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

17.4 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del **manto di usura drenante** o del **microtappeto** a caldo è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio e l'impermeabilizzazione dello strato sottostante.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato, spruzzata con apposita spanditrice automatica in modo che il bitume residuo risulti pari a 1,20 Kg/m² per le usure drenanti e di 1,00 Kg/m² per i microtappeti a caldo; in alternativa può essere utilizzato bitume modificato steso a caldo nella stessa quantità per unità di superficie.

Per il manto di usura di tipo **splittmastix** la mano d'attacco ha solo lo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante. Anche in questo caso può essere impiegata emulsione di bitume modificato, oppure bitume modificato steso a caldo, in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,50 Kg/m².

Sulla mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, dovrà seguire immediatamente la granigliatura con aggregati di pezzatura 4/8 mm in ragione di 6/8 litri al metro quadrato. Allo stesso scopo potrà essere utilizzata sabbia o calce idrata.

L'emulsione per mano d'attacco deve rispondere ai requisiti riportati in **Tabella 6.8**.

Tabella 6.8			
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Modificata 70%</i>
Contenuto di acqua	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di legante	CNR 100/84	%	70±1
Contenuto di bitume	CNR 100/84	%	> 69
Contenuto fluente	CNR 100/84	%	0
Demulsività	ASTM D244		50-100
Omogeneità	ASTM D244	%	< 0,2
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 65
Punto di rottura (Frass)	CNR 43/74	°C	≤ - 15
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	> 75

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche indicate in **Tabella 6.1**.

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

17.5 POSA DELLE MISCELE

La posa in opera dei manti di usura speciali viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3 – 4 m/min con alimentazione continua del conglomerato.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C. La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 15t (10t per i microtappeti a caldo).

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

17.6 CONTROLLI

I controlli saranno diversi in funzione del tipo di strada.

Autostrade e strade extraurbane principali

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per manti di usura speciali e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 6.10**. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i

controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la quantità di fibre e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (D_M), stabilità e rigidità (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dall'asfaltatura, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Le stesse misure possono essere effettuate in continuo con apparecchiature georadar. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del valore D_G (ovvero D_M) risultante dallo studio della miscela. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 95 e 98 % di D_G (ovvero D_M);
- del 20 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di D_G (ovvero D_M).

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare $\geq 0,53$ per il tappeto di usura drenante, $\geq 0,58$ per il microtappeto a caldo, $\geq 0,62$ per lo splittmastix. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) ≥ 55 per il tappeto di usura drenante, ≥ 60 per il microtappeto a caldo, ≥ 65 per lo splittmastix.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83 deve essere

$\geq 0,8$ per il tappeto di usura drenante, $\geq 0,6$ per il microtappeto a caldo, $\geq 0,5$ per lo splittmastix. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo¹⁶ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") sia inferiore ai valori prescritti, il manto di usura speciale (di qualsiasi tipo) viene penalizzato del 15% del suo costo.

La capacità drenante media, eseguita in sito ogni 250 m sfalsando di volta in volta la corsia e misurata con permeabilmetro a colonna d'acqua di mm 250 su un'area di 154 cm², deve essere, ≥ 18 dm³/min per il

¹⁶ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

tappeto di usura drenante (spessori della pavimentazione compresi tra 4 e 5 cm), $\geq 5 \text{ dm}^3/\text{min}$ per il microtappeto a caldo. Le misure possono essere fatte anche con apparecchi ad alto rendimento; in tal caso i valori devono essere riportati a quelli rilevati con il permeabilometro.

Se non si raggiungerà il valore di capacità drenante previsto verrà applicata una riduzione del 10% del prezzo comprensivo della mano d'attacco.

Per il tappeto di usura drenante viene inoltre determinata la fono-assorbenza mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso¹⁷, eseguiti dopo il 15 giorno dalla stesa del conglomerato.

Il coefficiente di fono-assorbenza (α) in condizioni di incidenza normale deve risultare:

Tabella 6.9

Frequenza (Hz)	Coefficiente di fono-assorbenza (α)
630	$\alpha \geq 0,03$
800	$\alpha \geq 0,20$
1000	$\alpha \geq 0,35$
1600	$\alpha \geq 0,20$
2000	$\alpha \geq 0,20$

Per ogni valore di α non raggiunto viene applicata una penale del 2% (duepercento).

Altre strade

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per manti di usura speciali e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 6.11**.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la quantità di fibre e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (D_M), stabilità e rigidità (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

¹⁷ veicolo RIMA o equivalenti

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dall'asfaltatura, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, nel 95% dei prelievi, deve risultare non inferiore al 96% del valore D_G (ovvero D_M) risultante dallo studio della miscela. Per valori di densità inferiori a quello previsto verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell' importo dello strato per densità in sito comprese tra 94 e 96 % di D_G (ovvero D_M);
- del 20 % dell' importo dello strato per densità in sito comprese tra 92 e 94 % di D_G (ovvero D_M).

In situ vengono inoltre misurate l'aderenza (resistenza di attrito radente) mediante lo skid tester (norma CNR 105/85) e la capacità drenante (esclusa per gli splittmastix) con il permeabilmetro portatile (prEN 12697-YY).

Il BPN (British Pendulum Number) deve risultare ≥ 50 per il tappeto di usura drenante, ≥ 55 per il microtappeto a caldo, ≥ 60 per lo splittmastix. Per valori di inferiori verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

La capacità drenante misurata con il permeabilmetro portatile, deve essere $\geq 18 \text{ dm}^3/\text{min}$ per il tappeto di usura drenante, $\geq 5 \text{ dm}^3/\text{min}$ per il microtappeto a caldo.

Se non si raggiungerà il valore di capacità drenante previsto verrà applicata una riduzione del 10% del prezzo comprensivo della mano d'attacco

Tabella 6.10

AUTOSTRADE ED EXTRAURBANE PRINCIPALI				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Drenante Microtappeto Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 6.1
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 6.2
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 6.3
Drenante Microtappeto Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 6.4
Drenante Microtappeto Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Drenante Microtappeto Splittmastix	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Drenante Microtappeto Splittmastix	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	CAT \geq 0,53(media su 50m) BPN \geq 55 (ogni 50 m)
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	CAT \geq 0,58(media su 50m) BPN \geq 60 (ogni 50 m)
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	CAT \geq 0,62(media su 50m) BPN \geq 65 (ogni 50 m)
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	HS \geq 0,8 mm (media su 50 m)
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	HS \geq 0,6 mm (media su 50 m)
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	HS \geq 0,5 mm (media su 50 m)
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa	Capacità drenante \geq 18 dm ³ /min.
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa	Capacità drenante \geq 5 dm ³ /min.
Drenante	Carote x fono-assorbenza	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa	Riferimento Tabella 6.9

Tabella 6.11

EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Drenante Microtappeto Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 4.1
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 4.2.2
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 4.3.2
Drenante Microtappeto Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 4.4
Drenante Microtappeto Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Drenante Microtappeto Splittmastix	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Drenante Microtappeto Splittmastix	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa	BPN ≥ 55
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa	BPN ≥ 60
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa	BPN ≥ 65
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa	HS ≥ 0,8 mm
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa	HS ≥ 0,6 mm
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,5 mm
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa	Capacità drenante ≥ 18 dm ³ /min
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa	Capacità drenante ≥ 5 dm ³ /min

18 COSTRUZIONI STRADALI – TRATTAMENTI BITUMINOSI A FREDDO

I trattamenti bituminosi a freddo consistono in tecniche stradali che prevedono l'impiego come legante di emulsioni bituminose. Nel presente articolo sono trattate le lavorazioni più diffuse rappresentate da: trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo; microtappeti a freddo (slurry seals); trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo.

18.1 TRATTAMENTI SUPERFICIALI DI IRRUVIDIMENTO A FREDDO

I trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo sono interventi finalizzati al miglioramento dell'aderenza e dell'impermeabilità della superficie stradale.

Schematicamente si realizzano mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa seguita dalla stesa di aggregati lapidei di ricoprimento, secondo dosaggi prestabiliti. A seconda che tale procedimento si ripeta una ovvero due volte si parlerà rispettivamente di trattamenti superficiali di irruvidimento monostrato oppure bistrato.

18.1.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

Legante

L'emulsione bituminosa deve essere caratterizzata da elevato contenuto bitume, rapida velocità di rottura ed elevata viscosità; in considerazione delle prestazioni richieste tale emulsione deve essere del tipo ECR 69 modificata con polimeri avente le proprietà riportate in **Tabella 7.1.1**.

Tabella 7.1.1			
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Modificata ECR 69</i>
Polarità	CNR 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	70±1
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 65

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Aggregati

Gli aggregati devono essere puliti, esenti da parti fini (< 1 mm) o da materiali estranei. Sono costituiti da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, raggruppabili in classi d/D la cui granulometria deve rientrare nei limiti indicati in **Tabella 7.1.2**.

Per gli aggregati è consentito l'impiego, in alternativa a quelle riportate in **Tabella 7.1.2**, di classi diverse purché di dimensioni prossime fermi restando i criteri che fissano i requisiti granulometrici di accettazione.

Le caratteristiche fisiche, geometriche e meccaniche devono essere tali da garantire elevata resistenza all'urto e all'abrasione, oltre che evitare l'insorgere prematuro di indesiderati fenomeni di levigatura sotto l'azione dei pneumatici. In **Tabella 7.1.3** sono indicate le specifiche richieste suddivise in funzione del volume di traffico.

Tabella 7.1.2

classificazione CNR	classe "d/D" (mm)	% trattenuto "D"	% passante "d"	% passante 0.5 mm	% passante 0.05 mm
pietrischetto	12/16	≤ 10 (°)	≤ 10 (°)	≤ 0.5	≤ 0.05
pietrischetto	8/12				
graniglia	6/10				
graniglia	4/6				
graniglia	2/4 (*)				
In accordo con la norma CNR 139/92 le dimensioni d,D sono riferite alle aperture di setacci a maglie quadre					
(°) la somma delle frazioni % maggiore di "D" e minore di "d" deve comunque essere inferiori al 15%					
(*) classe utilizzata in ambito urbano					

Tabella 7.1.3

Caratteristiche Aggregati lapidei	normativa di riferimento	Traffico nei due sensi (veicoli/giorno)		
		basso (< 1500)	medio (1500÷3000)	elevato (> 3000)
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 25	≤ 20	≤ 18
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	≤ 20	≤ 15	≤ 12
CLA	CNR 140/92	≥ 42	≥ 44	≥ 45
Spogliamento	CNR 138/92	0	0	0
Sensibilità al gelo (°)	CNR 80/80	≤ 20	≤ 20	≤ 20
Indice di appiattimento	CNR 95/84	≤ 20	≤ 20	≤ 15
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.				
(°) in zone considerate soggette a gelo				

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Monostrato

Per l'esecuzione di un trattamento monostrato a singola granigliatura possono essere utilizzate le classi di graniglia 2/4 (per interventi in ambito urbano), 4/6 e 6/10.

Bistrato

Il trattamento superficiale bistrato a doppia granigliatura può utilizzare come aggregati di ricoprimento le classi granulometriche 8/12 + 4/6, 6/10 + 2/4, 8/12 + 4/6.

Dosaggi

I dosaggi di graniglia e di emulsione bituminosa per unità di superficie variano in funzione del tipo di trattamento da realizzare e delle classi granulometriche degli aggregati, secondo i valori orientativi riportati in **Tabella 7.1.4**.

			Tabella 7.1.4
Tipo di trattamento	Aggregati		ECR 69
	classe "d/D"	dosaggio (litri/m ²)	Dosaggio (Kg/m ²)
monostrato	4/6	6.0 ÷ 7.0	1.30
monogranigliatura	6/10	8.0 ÷ 10.0	1.50
bistrato doppia granigliatura	I° strato: 6/10	8.0 ÷ 9.0	1.40
	II° strato: 2/4	5.0 ÷ 6.0	1.10
	I° strato: 8/12	9.0 ÷ 10.0	1.50
	II° strato: 4/6	6.0 ÷ 7.0	1.40

I quantitativi indicati in **Tabella 7.1.4** potranno essere variati dalla Direzione Lavori, senza che l'Impresa possa avanzare richieste di maggiori compensi, in funzione dello spessore medio dello strato considerato desunto dalle caratteristiche di appiattimento degli aggregati impiegati. Tale dosaggio deve inoltre tenere conto del volume di traffico previsto ($\pm 15\%$ con incrementi al diminuire del numero di veicoli), del clima ($\pm 10\%$ con aumenti per le zone più fredde) e delle caratteristiche superficiali della pavimentazione esistente; in particolare per superfici lisce ricche di bitume potrà essere prevista una riduzione di detto dosaggio che potrà invece essere aumentato nel caso di superfici rugose, povere di bitume ed eventualmente parzialmente porose.

Anche in questo caso sarà compito della Direzione Lavori stabilire il corretto quantitativo di legante, in funzione delle specifiche condizioni, senza che l'Impresa abbia diritto a maggiori compensi.

Ai fini dell'accettazione dei materiali, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del trattamento superficiale tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

In alcuni casi, per interventi di particolare importanza, i dosaggi devono essere verificati ed adattati alle specifiche circostanze mediante prove preliminari in vera grandezza predisponendo studi di tipo prestazionale, supportati da indagini di laboratorio eseguite con il metodo ASTRA.

18.1.2 Attrezzature di cantiere

Per l'esecuzione dei trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo, l'attrezzatura essenziale di cantiere è costituita dai mezzi meccanici elencati di seguito: motospazzatrice: deve essere di tipo semovente tale da garantire la rotazione e l'perfecta funzionalità delle spazzole (non metalliche);

cisterna spruzzatrice: deve essere di tipo semovente con dispositivo autonomo di riscaldamento e munita di pompa per l'alimentazione della rampa di spruzzaggio del legante. Quest'ultima deve assicurare l'uniforme distribuzione (sia in senso longitudinale che trasversale) del legante sulla superficie stradale secondo la quantità prestabilita, con accurato controllo del dosaggio;

spandigraniglia: è costituita, nel più semplice dei casi da un sistema di ripartizione a pettine montato sulla parte terminale posteriore del cassone a ribaltamento idraulico di un autocarro. Lo spandigraniglia può essere anche rimorchiato con altezza dei pettini tale da risultare molto vicini a terra (max 30 cm.). In ogni caso la granigliatrice deve essere in grado di assicurare la distribuzione degli aggregati in maniera uniforme e continua secondo le quantità di pietrischetto o graniglie prestabilite;

rulli: possono essere metallici e/o gommati. Il tipo a ruote multiple gommate con battistrada liscio deve essere in grado di esercitare una pressione non inferiore a 0.6 N/mm^2 . I rulli metallici devono essere vibranti e dotati di cilindri rivestiti di gomma allo scopo di evitare lo schiacciamento del granulato.

In alternativa alla cisterna spruzzatrice e allo spandigraniglia, é raccomandato l'utilizzodi apposite macchine polivalenti in grado di effettuare simultaneamente la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo un migliore rivestimento dei granuli da parte del legante.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

18.1.3 Preparazione delle superfici di stesa

La pavimentazione esistente deve presentare una superficie priva di degradazioni intense (es. ormaie, avvallamenti e fessurazioni estese) tali da compromettere l'efficacia del trattamento. Eventuali fessure longitudinali o di giunto dovranno essere sigillate preventivamente in modo da predisporre un manto stradale continuo per uniformare il dosaggio di legante.

Nel caso che la superficie si presenti eccessivamente sporca, la Direzione Lavori ha la facoltà di ordinare all'Impresa interventi di pulizia senza che ne derivino compensi aggiuntivi.

18.1.4 Posa in opera

L'esecuzione del trattamento non deve essere effettuata se la temperatura superficiale della pavimentazione risulta inferiore a 10°C, se la temperatura dell'aria è minore di 10°C, in caso di pioggia oppure di strada bagnata.

L'intervento ha inizio con la spruzzatura dell'emulsione secondo il dosaggio prestabilito. Durante la stesa dell'emulsione deve essere controllata la ripartizione del legante trasversalmente alla strada; la cisterna spruzzatrice deve inoltre assicurare ovunque l'uniformità di dosaggio. Eventuali giunti longitudinali non devono essere ubicati nelle zone della carreggiata più battute dalle ruote dei veicoli. La larghezza della strisciaspruzzata deve essere compatibile con la larghezza copribile con un passaggio di spandigraniglia il quale deve seguire la spruzzatrice ad una distanza massima di 40 m. La rullatura deve avvenire alla stessa distanza dallo spandigraniglia eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le primetre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

Nel caso di trattamenti monostrato l'esecuzione termina con la rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura ovvero dopo le prime 24 ore di apertura al traffico veicolare a velocità limitata.

Per i trattamenti bistrato, l'applicazione della seconda mano di legante non deve causare sovrapposizioni dei "giunti" longitudinali di spruzzatura. I granulati di rigetto dal bordo della prima banda di stesa devono essere eliminati prima della spruzzatura della banda adiacente.

Seguirà la seconda stesa degli aggregati mediante spandigraniglia che deve passare sugli inerti stesi in modo da non asportare il legante fresco. Successivamente si deve effettuare una rullatura analoga a quella descritta per la compattazione del primo strato eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le prime tre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

Anche in questo caso al termine dell'esecuzione del trattamento si deve provvedere alla rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura ovvero dopo le prime 24 ore di apertura al traffico veicolare a velocità limitata.

In ogni caso si deve garantire che al termine della giornata lavorativa, sulla superficie di intervento sia stato eseguito anche il secondo strato.

Nel caso di cantieri ad elevato rendimento (superiori a 10.000 m²/giorno) è indispensabile la presenza di due compattatori. Anche nel caso dei trattamenti bistrato, una volta eseguita la rullatura della seconda granigliatura, occorre eliminare gli aggregati di rigetto mediante una spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura. L'apertura al traffico, al termine dell'esecuzione del trattamento superficiale, deve prevedere la limitazione della velocità dei veicoli a 60 Km/h per le strade più importanti, e a 30 Km/h per quelle secondarie, per un periodo di almeno 24 ore.

A seconda delle condizioni riscontrate dopo questo primo giorno di traffico la Direzione Lavori si riserva la facoltà di far passare la spazzatrice per eliminare ulteriormente il rigetto.

L'apertura al traffico è fondamentale per il completamento e la finitura del mosaico di incastro del trattamento; in caso di pioggia successiva alla stesa la strada non deve essere riaperta al traffico.

18.1.5 Controlli

Il controllo della qualità dei trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella **Tabella 7.1.5**. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; di essi uno viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Nel caso di prove o prelievi in sito, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km).

Tabella 7.1.5			
CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.1.1
Aggregato	deposito di stoccaggio	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.1.2 e 7.1.3
emulsione bituminosa	autobotte spruzzatrice	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.1.1
Aggregato	tramoggia spandigraniglia	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.1.2 e 7.1.3
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 5 % del valore risultante dallo studio del trattamento
dosaggio aggregati	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 10 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (CAT) oppure ogni 100 m (BPN)	CAT ≥ 0,65 (media/50 m) BPN ≥ 65
macrorugosità	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (HS) oppure ogni 100 m (HS)	HS ≥ 0,7 mm (media/50 m) HS ≥ 0,7 mm (per misure puntuali/100 m)

Dosaggi egualità dei materiali

La verifica di qualità dell'emulsione bituminosa e degli aggregati lapidei deve avvenire con frequenza settimanale oppure ogni 50000 m² di stesa; il controllo sui dosaggi dei materiali, oltre che in corso d'opera

ogni 500 m di fascia di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m²; in ogni caso quantitativi impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del \pm 5% per il legante e \pm 10% per gli aggregati. Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

Aderenza e rugosità

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,65. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 65.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,7 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo¹⁸ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS in continuo devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico con un “passo di misura” di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT (ovvero BPN) o di HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione “normale”) sia inferiore ai valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,30 mm l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del trattamento e al rifacimento dello stesso.

Il controllo visivo dello strato finito deve avvenire tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico della strada secondo un criterio che prevede la suddivisione del trattamento in maglie di superficie S_m lunghe 100 m aventi larghezza pari a quella di una corsia. L'aspetto visivo della generica maglia si valuta determinando il rapporto tra la somma ponderata della superficie degradata S_d e quella della maglia di riferimento S_m . In particolare, il calcolo di S_d è dato dalla seguente espressione:

$$S_d = S_r + 0.5 \times S_p + S_{pl}$$

in cui S_r = superficie che presenta trasudamenti di legante;

S_p = superficie che presenta asportazione di elementi lapidei;

S_{pl} = superficie che presenta asportazione a placche del trattamento.

¹⁸ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

I livelli qualitativi per l'aspetto visivo e le relative penali da applicare al trattamento eseguito sono riportate in **Tabella 7.1.6**.

Tabella 7.1.6			
Livello qualitativo	Aspetto visivo V_i		Penali sul prezzo della singola maglia S_m
SCADENTE	$S_d/S_m > 8 \%$	V_0	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato; rimozione e rifacimento completo del trattamento nella maglia considerata se $S_d/S_m > 15 \%$
SUFFICIENTE	$S_d/S_m \leq 8 \%$	V_1	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato
DISCRETO	$S_d/S_m \leq 5 \%$	V_2	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato, ridotta del 4 % (es. $S_d/S_m = 3 \%$ → penale = $2 \times 3 - 4 = 2 \%$)
BUONO	$S_d/S_m \leq 2 \%$	V_3	nessuna detrazione

18.2 MICROTAPPETI A FREDDO (SLURRY SEALS)

I microtappeti a freddo sono interventi finalizzati al miglioramento dell'aderenza e dell'impermeabilità superficiali di pavimentazioni flessibili. Essi consistono nella stesa in strati sottili di malte bituminose irruvidite, ottenute miscelando aggregati lapidei di qualità con emulsioni bituminose elastomerizzate ed idonei additivi, con eventuale aggiunta di acqua e di fibre.

18.2.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Legante

Il legante impiegato è una emulsione bituminosa elastomerizzata a rottura controllata, con 60 % oppure 65 % di bitume, caratterizzata da un legante residuo le cui caratteristiche sono riportate in **Tabella 7.2.1**.

Tabella 7.2.1			
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>requisito</i>
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 60
Punto di rottura Fraass	CNR 35/73	°C	< -14
% di elastomero sul peso di bitume	-	%	3.5 ÷ 5.0

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Aggregati

Gli aggregati lapidei sono costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee; essi devono soddisfare particolari requisiti intermini di granulometria, forma, pulizia, e resistenza meccanica.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso, le cui caratteristiche sono riportate in **Tabella 7.2.2**, deve essere ottenuto esclusivamente dalla frantumazione di rocce di cava.

Tabella 7.2.2		
<i>Parametro</i>	<i>normativa</i>	<i>requisito</i>
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 18
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	≤ 12
CLA	CNR 140/92	≥ 45
Spogliamento	CNR 138/92	0
Sensibilità al gelo (°)	CNR 80/80	≤ 20
Indice di appiattimento	CNR 95/84	≤ 15
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati. (°) in zone considerate soggette a gelo		

Aggregato fino

L'aggregato fino, le cui caratteristiche sono riportate in **Tabella 7.2.3** deve essere composto da sabbia di frantumazione. In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia deve garantire una buona tenacità.

In ogni caso la somma dei trattenuti in peso delle sabbie impiegate maggiore a 2 mm (maglia quadra) non deve superare nella curva granulometrica finale il 10 % in peso quando le stesse sabbie provengono da rocce aventi un valore di C.L.A. $< 0,43$.

Tabella 7.2.3

<i>Parametro</i>	<i>normativa</i>	<i>requisito</i>
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 18
CLA	CNR 140/92	≥ 45
Equivalente in sabbia ES	CNR 27/72	≥ 80
(*) ricavato sulla roccia di origine per la classe C .		

Filler

Il filler provenienti dalla frazione fina degli aggregati potranno essere integrati con filler di apporto costituito normalmente da cemento Portland 325 oppure da polvere di roccia calcarea, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per microtappeti a freddo deve soddisfare i requisiti indicati in **Tabella 7.2.4**.

			Tabella 7.2.4
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>requisito</i>
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1.5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dei materiali tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo deve essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque ritenute dannose.

18.2.2 MISCELE

Le miscele devono avere una composizione diversa in funzione dello spessore finale che si intende ottenere; in **Tabella 7.2.5** sono riportati i requisiti granulometrici e delle miscele per i diversi tipi di soluzione.

Tabella 7.2.5			
SPESSORE	3 mm	6 mm	9 mm
<i>Granulometria</i>			
Passante al crivello 15 mm	-	-	100
Passante al crivello 10 mm	100	100	85 ÷ 100
Passante al crivello 5 mm	85 ÷ 100	55 ÷ 85	55 ÷ 75
Passante al setaccio 2 mm	58 ÷ 83	30 ÷ 55	30 ÷ 55
Passante al setaccio 0.40 mm	22 ÷ 36	14 ÷ 28	14 ÷ 28
Passante al setaccio 0.18 mm	11 ÷ 22	8 ÷ 19	8 ÷ 19
Passante al setaccio 0.075 mm	6 ÷ 10	5 ÷ 10	4 ÷ 10
<i>Miscele</i>			
Dosaggio della malta (Kg/m ²)	6 ÷ 10	8 ÷ 14	13 ÷ 20
D _{max} aggregati (mm)	5 ÷ 6	7 ÷ 9	10 ÷ 12
Bitume residuo (% peso aggregati)	7 ÷ 10	6 ÷ 8	5 ÷ 7.5

Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che aggiunti al bitume consentono di migliorarne le caratteristiche. Per favorire una distribuzione uniforme l'aggiunta deve avvenire per soluzione acquosa durante la preumidificazione.

Attivanti di adesione

Gli attivanti di adesione, sono sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego (temperatura ambientale e del piano di posa), della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nella **Tabella 7.2.2**.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Fibre

Le fibre minerali possono essere aggiunte alla malta bituminosa, mediante idonea apparecchiatura, allo scopo di favorire l'esecuzione dei microtappeti conferendo maggiore consistenza e stabilità al momento dell'applicazione quando ancora non è avvenuta la rottura dell'emulsione.

Le fibre minerali devono possedere i requisiti indicati in **Tabella 7.2.6** e vanno aggiunte con percentuali in peso riferite agli aggregati variabili tra lo 0,6% e 1,0%.

		Tabella 7.2.6
CARATTERISTICHE	Unità	Valore
Peso del filo	tex (g/Km)	30 ± 2
Diametro medio del filo	micron	15 ± 1
Peso nominale/lineare della matassa	tex (g/Km)	2400 ± 15
Resistenza alla trazione	MPa	2400 ÷ 3400
Allungamento massimo	%	3,5
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 700

I dosaggi indicati in **Tabella 7.2.5** sono da ritenersi orientativi rispetto a quelli che devono essere formulati sulla base di studi specifici in relazione all'intervento da realizzare. Tali indagini di laboratorio devono consentire di valutare, oltre ai dosaggi di bitume residuo e degli aggregati, anche la compatibilità tra emulsione bituminosa ed aggregato lapideo, gli effetti dovuti all'apporto del filler e degli additivi, il quantitativo dell'eventuale acqua di apporto, il tempo di lavorabilità della malta.

18.2.3 Accettazione delle miscele

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica per l'aggregato grosso gli scostamenti delle singole percentuali devono essere al massimo pari a ± 3 %; per l'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) il limite dello scostamento ammissibile è pari a ± 2 % mentre per il passante al setaccio UNI 0,075 mm sono ammesse variazioni non superiori a ± 1,5 %. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di ± 0,25.

Tali valori devono essere soddisfatti dai risultati ricavati sulle miscele prelevate durante la stesa.

18.2.4 Confezionamento e posa in opera

Prima della realizzazione del microtappeto a freddo si deve procedere alla preparazione del piano di posa mediante pulizia della superficie stradale (rimozione di detriti, polveri e sostanze estranee), sigillatura delle fessure, riprofilatura dei tratti deformati, eventuale umidificazione del supporto se completamente asciutto e caldo.

Il confezionamento dell'impasto deve essere realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente in grado di assicurare lo stoccaggio dei materiali costituenti (aggregati lapidei, emulsione bituminosa, acqua, additivi, regolatori di rottura), il corretto dosaggio, una intima miscelazione, la stesa ed il livellamento delle miscele mediante apposito stenditore a carter.

In particolari situazioni la Direzione Lavori potrà ordinare, dopo la stesa della malta e prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione del microtappeto prevedendo la stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 Kg di sabbia/m² di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati. Nei casi in cui siano presenti zone caratterizzate da elevate sollecitazioni tangenziali, è possibile effettuare una doppia stesa della malta bituminosa.

Al termine delle operazioni di stesa il microtappeto deve presentare un aspetto superficiale regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

In zone caratterizzate da elevate sollecitazioni superficiali tangenziali (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa sia leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura deve essere effettuata con apposito rullo gommato leggero in grado di simulare l'azione del traffico veicolare, munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

La produzione o la posa in opera del microtappeto deve essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore a 5 °C ed in caso di pioggia.

18.2.5 Controlli

Il controllo della qualità dei microtappeti a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella **Tabella 7.2.7**. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, il rimanente resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Nel caso di prove o prelievi in situ, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza < 1 Km).

Dosaggi e qualità dei materiali

La verifica di qualità dei materiali deve avvenire con frequenza settimanale oppure ogni 50000 m² di stesa; il controllo sui dosaggi, oltre che in corso d'opera ogni 500 m di fascia di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m²; in ogni caso quantitativi di legante impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del $\pm 5\%$. Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

Aderenza e rugosità

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,65. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 65.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,7 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo⁵ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS in continuo devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT, ovvero BPN, e di HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con "mini texture meter"), sia inferiore ai valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,30 mm, l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del microtappeto a freddo e al rifacimento dello stesso.

Tabella 7.2.7

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.2.1
Aggregati e filler	Deposito	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.2.2, 7.2.3 e 7.2.4
emulsione bituminosa	Serbatoio	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.2.1
Aggregati e filler	Tramoggia	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.2.2, 7.2.3 e 7.2.4
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 5 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (CAT) oppure ogni 100 m (BPN)	CAT ≥ 0,65 (media/50 m) BPN ≥ 65
macrorugosità	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (HS) oppure ogni 100 m (HS)	HS ≥ 0,7 mm (media/50 m) HS ≥ 0,7 mm (per misure puntuali/100 m)

18.3 TRATTAMENTI SUPERFICIALI DI DEPOLVERIZZAZIONE A FREDDO

I trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo vengono realizzati su pavimentazioni in misto granulare non legato caratteristiche di strade a basso volume di traffico. Essi hanno lo scopo di migliorare la regolarità, l'aderenza e l'impermeabilità superficiale e normalmente sono realizzati in alternativa ai manti di usura tradizionali in conglomerato bituminoso.

Il trattamento prevede l'impregnazione della pavimentazione esistente seguita da due applicazioni di emulsione bituminosa saturata con graniglia.

Il risultato finale realizza un manto intimamente legato alla superficie trattata, con caratteristiche di plasticità tali da seguire senza danno eventuali assestamenti del sottofondo.

18.3.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Legante

Per la realizzazione dell'impregnazione, deve essere utilizzata una emulsione bituminosa cationica a rottura media caratterizzata dai requisiti di accettazione indicati in **Tabella 7.3.1**.

Tabella 7.3.1

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	ECM 55
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	45±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	55±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	≤ 8
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	≤ 5
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	≥ 200
Punto di ramollimento	CNR 35/73	°C	≥ 20

Per la seconda e terza applicazione, deve essere previsto l'impiego di una emulsione bituminosa cationica a rottura rapida caratterizzata dai requisiti di accettazione indicati in **Tabella 7.3.2**. è ammesso l'uso di emulsioni con diversa % di legante purché siano rispettati i requisiti del bitume residuo indicati in **Tabella 7.3.2** ed i relativi dosaggi.

Tabella 7.3.2			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	ECR 65
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	35±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	65±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	≤ 4
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	≥ 15
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	≤ 8
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	≤ 180
Punto di ramollimento	CNR 35/73	°C	≥ 40

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Aggregati

Gli aggregati devono essere puliti, esenti da parti fini (< 1 mm) o da materiali estranei. Sono costituiti da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, raggruppabili in classi d/D la cui granulometria deve rientrare nei limiti indicati in **Tabella 7.3.3**.

					Tabella 7.3.3
classificazione CNR	classe “d/D” (mm)	% trattenuto “D”	% passante “d”	% passante 0.5 mm	% passante 0.05 mm
pietrischetto	12/18	≤ 10 (°)	≤ 10 (°)	≤ 0.5	≤ 0.05
pietrischetto	8/12				
graniglia	4/8				
In accordo con la norma CNR 139/92 le dimensioni d,D sono riferite alle aperture di setacci a maglie quadre					
(°) la somma delle frazioni % maggiore di “D” e minore di “d” deve comunque essere inferiore al 15%					

Per gli aggregati è consentito l'impiego, in alternativa a quelle riportate in **Tabella 7.3.3**, di classi diverse purché di dimensioni prossime fermi restando i criteri che fissano i requisiti granulometrici di accettazione.

Le caratteristiche fisiche, geometriche e meccaniche devono essere tali da garantire discreta resistenza all'urto e all'abrasione, secondo le specifiche riportate in **Tabella 7.3.4**.

Tabella 7.3.4

Caratteristiche aggregati lapidei	normativa di riferimento	requisito
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 30
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	≤ 25
CLA	CNR 140/92	≥ 37
Spogliamento	CNR 138/92	0
Sensibilità al gelo (°)	CNR 80/80	≤ 20
Indice di appiattimento	CNR 95/84	≤ 25
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati. (°) in zone considerate soggette a gelo		

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Dosaggi

Per la realizzazione dei trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo i dosaggi orientativi di graniglia e di emulsione bituminosa per unità di superficie sono riportati in **Tabella 7.3.5**.

Tabella 7.3.5

Tipo di trattamento		Aggregati		emulsione
		classe "d/D"	dosaggio (litri/m ²)	dosaggio (Kg/m ²)
I° strato (impregnazione)	granigliatura	12/18	14.0 ÷ 15.0	
	prima mano			3.00 (ECM 55)
	granigliatura	12/18	9.0 ÷ 10.0	
II° strato	seconda mano			1.50 (ECR 65)
	granigliatura	8/12	9.0 ÷ 10.0	
III° strato	terza mano			1.50 (ECR 65)
	granigliatura	4/8	6.0 ÷ 7.0	

Per la formazione del II° e III° strato, i quantitativi indicati in **Tabella 7.3.5** potranno essere variati dalla Direzione Lavori, senza che l'Impresa possa avanzare richieste di maggiori compensi, in funzione dello spessore medio dello strato considerato desunto dalle caratteristiche di appiattimento degli aggregati impiegati. Tale dosaggio deve inoltre tenere conto del volume di traffico previsto ($\pm 15\%$ con incrementi al diminuire del numero di veicoli), del clima ($\pm 10\%$ con aumenti per le zone più fredde).

Ai fini dell'accettazione dei materiali, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del trattamento superficiale tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

18.3.2 Attrezzature di cantiere

Per l'esecuzione dei trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo, l'attrezzatura essenziale di cantiere è costituita dai mezzi meccanici elencati di seguito:

- autobotte dotata di barra spruzzatrice: deve consentire l'umidificazione con acqua dello strato di fondazione in misto granulare secondo i dosaggi stabiliti dalla Direzione Lavori.
- motospazzatrice: deve essere di tipo semovente tale da garantire la rotazione e la perfetta funzionalità delle spazzole (non metalliche);

- cisterna spruzzatrice: deve essere di tipo semovente con dispositivo autonomo di riscaldamento e munita di pompa per l'alimentazione della rampa di spruzzaggio del legante. Quest'ultima deve assicurare l'uniforme distribuzione (sia in senso longitudinale che trasversale) del legante sulla superficie stradale secondo la quantità prestabilita, con accurato controllo del dosaggio;
- spandigraniglia: è costituita, nel più semplice dei casi da un sistema di ripartizione a pettine montato sulla parte terminale posteriore del cassone a ribaltamento idraulico di un autocarro. Lo spandigraniglia può essere anche rimorchiato con altezza dei pettini tale da risultare molto vicini a terra (max 30 cm.). In ogni caso la granigliatrice deve essere in grado di assicurare la distribuzione degli aggregati in maniera uniforme e continua secondo le quantità di pietrischetto o graniglie prestabilite;
- Rulli: possono essere metallici e/o gommati. Il tipo a ruote multiple gommate con battistrada liscio deve essere in grado di esercitare una pressione non inferiore a 0.6N/mm^2 . I rulli metallici devono essere vibranti e dotati di cilindri rivestiti di gomma allo scopo di evitare lo schiacciamento del granulato.

In alternativa alla cisterna spruzzatrice e allo spandigraniglia, è raccomandato l'utilizzo di apposite macchine polivalenti in grado di effettuare simultaneamente la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo un migliore rivestimento dei granuli da parte del legante.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

18.3.3 Preparazione delle superfici di stesa

- Eventuale risagomatura del piano di posa con stabilizzato in misto granulare di pezzatura 0-30 mm, opportunamente steso e compattato;
- delimitazione e protezione dei margini della superficie di intervento: prima di dare inizio all'esecuzione del trattamento superficiale di depolverizzazione, l'Impresa deve delimitare i bordi della superficie di intervento con un arginello in sabbia o graniglia allo scopo di profilare i margini del trattamento finito. Ultimato il trattamento, resta a carico dell'Impresa l'ulteriore profilatura mediante asportazione delle materie esuberanti e colmataura delle parti mancanti con pietrischetto bitumato.

18.3.4 Posa in opera

L'esecuzione del trattamento non deve essere effettuata se la temperatura superficiale della pavimentazione risulta inferiore a 10°C , se la temperatura dell'aria è minore di 10°C , in caso di pioggia oppure di piano di posa eccessivamente umido e/o con ristagni d'acqua.

1° strato (impregnazione)

L'esecuzione del trattamento prevede inizialmente la stesa di pietrischetto di pezzatura 12/18 e successiva umidificazione del piano di posa con autobotte dotata di barra spruzzatrice; successivamente si applica la prima mano di emulsione bituminosa al 55

% di legante con apposita autocisterna spanditrice dotata di impianto di riscaldamento autonomo, di barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile e di tutte le strumentazioni per il controllo del dosaggio durante la stesa.

La cisterna spruzzatrice deve inoltre assicurare ovunque l'uniformità di dosaggio. Eventuali giunti longitudinali non devono essere ubicati nelle zone della carreggiata più battute dalle ruote dei veicoli. La larghezza della striscia deve essere compatibile con la larghezza copribile con un passaggio di

spandigraniglia il quale deve seguire la spruzzatrice ad una distanza massima di 40 m per l'applicazione del pietrischetto 12/18 mm secondo i dosaggi stabiliti.

La realizzazione del primo strato si conclude con una rullatura che anch'essa a non più di 40 m dallo spandigraniglia eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le prime tre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

II° e III° strato

Per l'esecuzione del secondo strato è prevista l'applicazione di emulsione bituminosa al 65 % di legante a cui segue l'applicazione della graniglia di saturazione 8/12 secondo i dosaggi stabiliti; il terzo ed ultimo strato si realizza in modo analogo prevedendone l'utilizzo come aggregati di ricoprimento di una graniglia 4/8.

L'applicazione della seconda e terza stesa di legante non deve causare sovrapposizioni dei “giunti” longitudinali di spruzzatura. I granulati di rigetto dal bordo della prima banda di stesa devono essere eliminati prima della spruzzatura della banda adiacente.

Al termine dell'esecuzione del trattamento, deve essere effettuata una rullatura analoga a quella descritta per la compattazione del primo strato eseguendo un numero di passaggi di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le prime tre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

In ogni caso si deve garantire che al termine della giornata lavorativa, sulla superficie di intervento sia stato eseguito il terzo strato.

L'Impresa è inoltre tenuta a provvedere alla rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo i primi 7 giorni di apertura al traffico veicolare a velocità limitata certamente non superiore a 40 Km/h.

L'apertura al traffico è fondamentale per il completamento e la finitura del mosaico di incastro del trattamento; in caso di pioggia successiva alla stesa la strada non deve essere riaperta al traffico.

18.3.5 Controlli

Il controllo della qualità dei trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella **Tabella 7.3.6**. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Nel caso di prove o prelievi in sito, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km).

Tabella 7.3.6

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.1 e 7.3.2
Aggregato	deposito di stoccaggio	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.3 e 7.3.4
emulsione bituminosa	autobotte spruzzatrice	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.1 e 7.3.2
Aggregato	tramoggia spandigraniglia	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.3 e 7.3.4
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 5 % del valore risultante dallo studio del trattamento
dosaggio aggregati	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 10 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	ogni 100 m	BPN ≥ 60
macrorugosità	Pavimentazione	ogni 100 m	HS ≥ 0,7 mm

La verifica di qualità dell'emulsione bituminosa e degli aggregati lapidei deve avvenire con frequenza settimanale oppure ogni 50000 m² di stesa; il controllo sui dosaggi dei materiali, oltre che in corso d'opera ogni 500 m di fascia di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m²; in ogni caso quantitativi impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del \pm 5% per il legante e \pm 10% per gli aggregati. Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

Aderenza e rugosità

La resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,7 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo⁵ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Qualora il valore medio di BPN o di HS sia inferiore ai valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15 % del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di BPN o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 50 e 0,30 mm l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del trattamento e al rifacimento dello stesso.

Controllo visivo

Il controllo visivo dello strato finito deve avvenire tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico della strada, secondo un criterio che prevede la suddivisione del trattamento in maglie di superficie S_m lunghe 100 m aventi larghezza pari a quella di una corsia. L'aspetto visivo della generica maglia si valuta determinando il rapporto tra la somma ponderata della superficie degradata S_d e quella della maglia di riferimento S_m . In particolare il calcolo di S_d è dato dalla seguente espressione:

$$S_d = S_r + 0.5 \times S_p + S_{pl}$$

in cui S_r = superficie che presenta trasudamenti di legante

S_p = superficie che presenta asportazione di elementi lapidei

S_{pl} = superficie che presenta asportazione a placche del trattamento

I livelli qualitativi per l'aspetto visivo e le relative penali da applicare al trattamento eseguito sono riportate in **Tabella 7.3.7**.

Tabella 7.3.7			
Livello qualitativo	Aspetto visivo V_i		Penali sul prezzo della singola maglia S_m
SCADENTE	$S_d/S_m > 8 \%$	V_0	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato; rimozione e rifacimento completo del trattamento nella maglia considerata se $S_d/S_m > 15 \%$
SUFFICIENTE	$S_d/S_m < 8 \%$	V_1	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato
DISCRETO	$S_d/S_m < 5 \%$	V_2	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato, ridotta del 4 % (es. $S_d/S_m = 3 \%$ → penale = $2 \times 3 - 4 = 2 \%$)
BUONO	$S_d/S_m < 2 \%$	V_3	nessuna detrazione

19 COSTRUZIONI STRADALI – FORMAZIONE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A FREDDO

Il riciclaggio in sito a freddo viene realizzato mediante idonee attrezzature che consentano di impastare, stendere e compattare la miscela costituita dal conglomerato bituminoso preesistente, eventuali inerti di integrazione, emulsione di bitume modificato, acqua ed additivi.

Il conglomerato bituminoso preesistente, denominato "materiale da riciclare", proviene dalla frantumazione con macchine fresatrici, direttamente dalla sua primitiva posizione.

19.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Legante

Il legante finale deve essere costituito dal bitume presente nel conglomerato riciclato integrato con quello proveniente dall'emulsione bituminosa formulata con bitume modificato.

L'emulsione per il riciclaggio a freddo deve rispondere alle caratteristiche indicate nella **Tabella 8.1**:

Tabella 8.1

Emulsione bituminosa			
Parametro	Normativa	unità di misura	valori
Contenuto di acqua	CNR 101/84	%	40+/-1%
Contenuto di legante	CNR 100/84	%	60+/-1%
Contenuto di bitume	CNR 100/84	%	> 59%
Contenuto flussante	CNR 100/84	%	0%
Demulsività	ASTM D244		0 - 40
Omogeneità	ASTM D244	%	< 0,2%
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	5 - 10
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 10%
PH (grado di acidità)			2 - 4
Indice di rottura (*)	NF-T 66-017		> 140
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	Dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 60
Punto di rottura (Frass)	CNR43/74	°C	< -13
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 50

(*) In alternativa all'indice di rottura si può eseguire la seguente prova: 50 gr di cemento 325 miscelati intimamente con 100 gr di acqua vengono introdotti in 100 gr di emulsione e mescolati dolcemente per 4 minuti. Durante questo tempo non si deve verificare nessuna coagulazione di bitume.

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Conglomerato riciclato

Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato proveniente dalla demolizione (anche parziale) della pavimentazione preesistente con idonee macchine fresatrici.

Per lo strato di base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al Dmax previsto per la miscela.

La percentuale di conglomerato riciclato che si intende impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla D.L. prima dell'inizio dei lavori.

Inerti di integrazione

Qualora la composizione granulometrica del materiale fresato non consenta la realizzazione della curva di progetto e/o il bitume nel conglomerato da riciclare sia maggiore del 5%, la miscela deve essere integrata con inerti nuovi.

Gli inerti di integrazione possono appartenere all'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5) o degli aggregati fini (passante al crivello UNI n. 5).

Gli **aggregati grossi** potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purchè, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella **Tabella 8.2**.

Tabella 8.2				
AGGREGATO GROSSO - Trattenuto al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤ 30	≤ 25
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	%	≤ 20	≤ 20
Quantità di frantumato	-	%	100	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40	30
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5	≤ 5
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	≤ 30	≤ 25
Porosità	CNR 65/78	%		≤ 1,5

Gli **aggregati fini** devono possedere le caratteristiche riassunte nelle **Tabelle 8.3**.

Tabella 8.3				
AGGREGATO FINO - Passante al crivello UNI n. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 50	≥ 60
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		≤ 2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%		100

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 accreditato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Cemento

E' da considerarsi un additivo catalizzatore di processo, importante per regolare i tempi di rottura dell'emulsione che divengono più o meno critici in relazione al tipo di applicazione.

Nel riciclaggio a freddo deve essere impiegato cemento Portland d'alto forno o pozzolanico (tipo I, III o IV) con classe di resistenza 325.

Acqua

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

Miscela

La formulazione della miscela (granulometria del conglomerato da riciclare e degli inerti di integrazione, percentuale di emulsione bituminosa, di cemento e di acqua) deve essere ottenuta mediante uno specifico studio che preveda:

- prelievi di materiale sciolto in sito (fresato) per la determinazione dell'umidità (CNR UNI 10008/63), della curva granulometrica (CNR 23/71) ante e post-estrazione del bitume, della percentuale di bitume (CNR 38/73) e delle caratteristiche del bitume estratto: penetrazione e punto di rammollimento (CNR 24/71 , CNR 35/73). Per una corretta valutazione delle caratteristiche del conglomerato preesistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite ogni 500 m della tratta interessata dai lavori ed eventualmente intensificate in caso di scarsa omogeneità del materiale da riciclare. Percentuale e caratteristiche del bitume contenuto nel conglomerato da riciclare possono essere determinati anche su carote estratte dalla pavimentazione;
- la definizione della curva granulometrica di progetto con eventuale previsione di aggiunta di inerti di integrazione; La miscela del conglomerato da riciclare e degli aggregati di primo impiego, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una granulometria contenuta nei fusi riportati in **Tabella 8.4**.

Tabella 8.4

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder
Crivello	40	100	-
Crivello	25	80 – 100	100
Crivello	15	60 – 78	65 – 95
Crivello	10	48 – 64	50 – 70
Crivello	5	37 – 51	35 – 53
Setaccio	2	27 – 40	30 – 44
Setaccio	0,4	12 – 22	14 – 24
Setaccio	0,18	7 – 14	8 – 15
Setaccio	0,075	3 – 7	4 - 8

- La determinazione della massima densità della miscela di progetto. Si preparano campioni di miscela essiccata (granulometria di progetto) del peso di 1200g (comprensivo di una percentuale di cemento pari a circa l'1%) con quantità crescenti di acqua dell'1.0% in peso; con il materiale di ogni campione si confezionano provini seguendo la metodologia Marshall (CNR 30/73); o Duriez (CNR 130/89); riportate in **Tabella 8.5** e si determina, mediante pesata idrostatica, la densità ottenuta per ogni provino; la costruzione della curva di densità consente di individuare la percentuale di acqua corrispondente alla massima densità;

Tabella 8.5		
MODALITÀ DI PROVA		
	metodo Marshall	metodo Duriez
Altezza fustella	87.5 mm	275 mm
Diametro fustella	105 mm	120 mm
Peso del materiale	1200 gr	3500 gr
Compattazione	120 daN/cm ² per 5 minuti	120 daN/cm ² per 5 minuti
Maturazione	1 , 3 , 7 giorni in stufa a T = 25°C	7, 14 giorni in stufa a T = 25°C
Rottura	Marshall a 25°C	a compressione a T = 25°C

- la determinazione della percentuale ottimale di emulsione e di cemento: Si confezionano campioni di miscela essiccata (granulometria di progetto) del pesodi 1200g con quantità crescenti di emulsione bituminosa e cemento facendo in modo che la percentuale di umidità dell'impasto non sia mai superiore a quella misurata sulla curva di massima densità.

Seguendo la metodologia Marshall indicata in **Tabella 8.5** si confezionano, per ogni livello di maturazione, e per ogni diversa percentuale di cemento e di emulsione:

n° 3 provini per la determinazione di densità e percentuale dei vuoti residui;

n° 4 provini per la determinazione di stabilità, scorrimento e rigidezza Marshall (CNR B.U. n° 30/73);

n° 12 provini per la determinazione della resistenza a trazione indiretta e dei parametri di deformabilità a 10 °C, 25°C e 40 °C da rilevare esclusivamente sull'ottimo di legante e di cemento.

In alternativa, con la metodologia Duriez (**Tabella 8.5**) si confezionano, per ognilivello di maturazione, e per ogni diversa percentuale di cemento e di emulsione:

- n° 2 provini per la determinazione di densità e percentuale dei vuoti residui;
- N° 4 provini per la determinazione della resistenza a compressione.
- N° 12 provini per la determinazione della resistenza a trazione indiretta e dei parametri di deformabilità a 10 °C, 25°C e 40 °C da rilevare esclusivamente sull'ottimale di legante e di cemento.
- N° 4 provini per la determinazione del rapporto Immersione/Compressione (rottura a compressione dopo 7 giorni di immersione in acqua.

19.2 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/- 10 per il conglomerato riciclato, di +/- 5 per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di +/- 0,25.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

19.3 CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Il riciclaggio a freddo deve essere realizzato mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: macchina fresatrice, impianto di vagliatura e miscelazione semovente, vibrofinitrici e rulli.

In alternativa all'impianto di riciclaggio semovente, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La posa in opera dei conglomerati riciclati a freddo viene effettuata con macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La miscela appena stesa deve essere immediatamente compattata mediante un rullo statico metallico da 50t e da un rullo gommato da 35t. In alternativa in luogo del rullo da 50t potrà essere impiegato un rullo metallico vibrante che permetta comunque di ottenere compattazioni superiori alle 50t in dinamico (onda lunga).

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

19.4 CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi riciclati a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella **Tabella 8.6**.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di emulsione (per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato), la percentuale d'acqua, la granulometria degli aggregati (riciclati e di integrazione).

Dopo 15 giorni dalla stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui, la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (CNR 106/85) ed il modulo complesso E (Norma prEN 12697-26)

Per valori del modulo complesso E inferiori a quelli di progetto, con una tolleranza del 10%, verrà applicata una detrazione dello 0,4% del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di carenza, oltre la tolleranza, del modulo dinamico a compressione.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori a quelli previsti (ottenuti dalla miscela di progetto proposta dall'Impresa) verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Tabella 8.6

TUTTE LE STRADE				
Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base Binder	Emulsione Bituminosa	Autobotte	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.1
Base Binder	Aggregati di integrazione	Autocarro	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella 8.2 e Tabella 8.3
Base Binder	Conglomerato da riciclare	Dietro finitrice	Giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base Binder	Conglomerato riciclato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base Binder	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base Binder	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Base Binder	Carote x deformabilità a carico costante	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	90% del valore previsto in progetto
Base Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	90% del valore previsto in progetto

20 COSTRUZIONI STRADALI - PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO CON GIUNTI A LASTRE NON ARMATE E IN CALCESTRUZZO AD ARMATURA CONTINUA

20.1 PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO CON GIUNTI A LASTRE NON ARMATE

Le pavimentazioni in calcestruzzo a lastre non armate sono costituite da un insieme di lastre, prive di armatura strutturale, tra cui la compartecipazione è realizzata attraverso un sistema di giunti longitudinali e trasversali. I giunti consentono di controllare le deformazioni del calcestruzzo limitando le sollecitazioni di origine meccanica termica ed igrometrica.

20.1.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

Cemento

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

I cementi utilizzati dovranno soddisfare ai requisiti previsti dalla L. 595/65 ed elencati nella Norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.) o da altri organismi autorizzati ai sensi dello stesso D.M. 12/07/93.

Aggregati

Gli aggregati sono componenti del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4mm (UNI 2332) e degli aggregati fini.

Gli aggregati devono possedere le caratteristiche fondamentali indicate nel prospetto 1 della Norma UNI 8520-97 parte 2^a per la categoria A.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla valutazione del rischio da vizio occulto di **reazione alcali-aggregato** a fronte del quale, fatto salvo l'esito positivo delle prove previste dalla Norma UNI 8520 (parti 4 e 22), si dovranno adottare ulteriori misure preventive quali ad esempio:

- la scelta di cementi a basso contenuto di alcali (UNI EN 196/21);

- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte.

Durante la lavorazione la Direzione Lavori verificherà la continuità della corrispondenza delle caratteristiche del materiale ai valori ottenuti nella fase di qualifica. Qualora si verifichino discrepanze significative, la Direzione Lavori potrà rifiutare il materiale lapideo.

L'**aggregato grosso** deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti frantumati¹⁹, da elementi naturali aspigoli vivi.

Per tutte le pezzature impiegate sono inoltre valide le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di forma $\geq 0,15$ (UNI 8520/18);
- assorbimento di umidità degli aggregati $\leq 1 \%$ (UNI 8520/16);
- coefficiente di abrasione Los Angeles $\leq 30 \%$ (UNI 8520/19).

L'**aggregato fino** deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso riportato in **Tabella 10A.1**:

Tabella 10A.1	
Serie setacci UNI 2332	Passante (%)
8	100
4	90 - 100
2	65 - 90
1	45 - 75
0,5	22 - 46
0,25	7 - 25
0,125	0 - 5

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Acqua

L'acqua d'impasto deve rispettare le prescrizioni della Norma UNI-EN 1008.

Additivi

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità in massa rispetto al cemento, inducono le richieste modifiche delle proprietà del calcestruzzo.

¹⁹ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

Gli additivi devono rispettare le prescrizioni delle Norme UNI 7101÷7120, UNI 8145 ed UNI EN 934/2; non devono contenere sostanze dannose in quantità tali da pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione delle armature.

L'impiego di additivi è consentito previa la verifica del loro dosaggio e delle prestazioni delle miscele, allo stato fresco e allo stato indurito.

Si farà uso di additivi aeranti laddove questi siano espressamente richiesti negli elaborati di progetto. Essi dovranno essere aggiunti al calcestruzzo nel mescolatore in soluzione con l'acqua di impasto, con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo in quantità variabili di non più del 5% della quantità indicata nello studio della miscela e che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del calcestruzzo durante il periodo di miscelazione.

Aggiunte

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

L'impiego nelle miscele di aggiunte è consentito purché in quantità tali da non pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione alle armature.

Le ceneri volanti impiegate dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 450. Quando l'aggiunta avvenga in sostituzione del cemento la percentuale di ceneri non dovrà superare il 20% del peso totale ceneri più cemento.

Le prestazioni dei calcestruzzi confezionati con l'aggiunta di ceneri volanti o altre aggiunte di tipo II (Norma UNI 9858), sia allo stato fresco che indurito, vanno verificate nel corso della fase di qualifica delle miscele.

Prodotti filmogeni

I prodotti filmogeni sono applicati sulla superficie del calcestruzzo per ridurre la perdita d'acqua per evaporazione durante il primo periodo di indurimento ed eventualmente durante la successiva maturazione del calcestruzzo.

Le caratteristiche dei prodotti filmogeni dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 (tipo 1 e 2). La costanza della composizione del prodotto filmogeno dev'essere verificata al momento dell'approvvigionamento.

Armature

Le armature impiegate per la pavimentazione comprendono le barre di trasferimento che assicurano la compartecipazione tra 2 lastre adiacenti, le barre di legatura tra i giunti e le reti elettrosaldate. Tutte le armature andranno poste in opera secondo quanto riportato nei disegni di progetto, impiegando i dispositivi di posizionamento e distanziamento, ivi indicati.

Barre di trasferimento. Il diametro, il distanziamento, la lunghezza e la posizione delle barre di trasferimento saranno quelli indicati negli elaborati di progetto. Dovranno essere costituite da barre tonde lisce di acciaio della classe indicata in progetto, controllate in stabilimento, rispondenti ai requisiti prescritti dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti). Dovranno essere lisce, perfettamente rettilinee, esenti da sbavature, deformazioni o irruvidimenti che possano pregiudicare il loro perfetto scorrimento. Le barre dovranno essere trattate con vernici anticorrosione ed

immediatamente prima della loro posa in opera, rivestite da una pellicola di materiale lubrificante, secondo le indicazioni di progetto.

I cappucci per le barre di trasferimento, usati nei giunti di dilatazione, saranno metallici di altro materiale rigido approvato dalla Direzione Lavori ed avranno una lunghezza che ricopra la barra da 50 a 75 cm. Avranno sezione trasversale tale da adattarsi perfettamente al diametro delle barre ed a prevenire l'infiltrazione d'acqua.

Barre di legatura. Le barre di legatura dei giunti, avranno i diametri, gli interassi e le lunghezze indicate nei disegni di progetto. Saranno costituite da barre di acciaio ad aderenza migliorata, della classe indicata in progetto, controllate in stabilimento ed avranno rispondere ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti).

Rete di acciaio elettrosaldato. La classe dell'acciaio, il diametro e con distanza assiale tra i fili sarà quella indicata nel progetto. Essa dovrà rispondere ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti).

Materiale di riempimento per giunti di dilatazione

Il riempimento dei giunti di dilatazione dovrà essere effettuato con tavolette prefabbricate di materiale compressibile rispondente alle prescrizioni contenute nelle Norme ASTM D1752 Tipo II.

Le tavolette dovranno avere sufficiente rigidità da poter essere installate in corrispondenza dei giunti prima della posa in opera del calcestruzzo ed essere predisposte per il passaggio delle barre di trasferimento, dove richiesto dal progetto.

Le tavolette dovranno avere dimensioni (altezza e spessore) coincidenti con quelle indicate negli elaborati di progetto. Qualora sia necessario l'impiego di più tavolette per un singolo giunto, esse dovranno essere adeguatamente collegate.

Materiali per la sigillatura dei giunti

Si tratta di materiali aventi caratteristiche elastiche ed adesive impiegati come riempimento sigillante per giunti. Potranno essere impiegati prodotti colati a freddo o prodotti preformati.

I prodotti colati a freddo dovranno essere miscelati secondo le proporzioni indicate dalla Ditta produttrice entro miscelatori o distributori automatici approvati dalla Direzione Lavori. I prodotti preformati dovranno essere conformi alla Norma ASTM D2628.

I sigillanti dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Dovranno possedere caratteristiche di deformabilità compatibili con le dimensioni dei giunti indicate in progetto e resistenza all'invecchiamento per effetto degli agenti atmosferici. All'atto della proposta del tipo di sigillante da impiegare dovranno essere fornite le seguenti notizie tecniche:

- caratteristiche fisiche del prodotto;
- modalità di preparazione del materiale;
- modalità di preparazione del giunto prima della sigillatura;
- modalità e limiti d'impiego del prodotto (temperature, umidità, ecc.);
- tolleranza nella proporzione dei sigillanti a più componenti.

Miscela

Il calcestruzzo è specificato dal progettista come miscela progettata, con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita).

La resistenza meccanica del calcestruzzo dovrà soddisfare le prescrizioni di progetto riguardanti la resistenza a compressione e quella a flessione. In mancanza di esplicite indicazioni, la resistenza media a flessione del calcestruzzo non dovrà comunque essere inferiore a 4.0 MPa.

La classe di resistenza del calcestruzzo è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150mm di lato (R_{ck}) o cilindri di diametro 150mm e altezza 300mm (f_{ck}). Saranno utilizzati calcestruzzi appartenenti alle classi indicate in **Tabella 10A.2**.

Tabella 10A.2

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55

È ammesso l'impiego di calcestruzzi avente resistenza caratteristica superiore a quelle indicate nella **Tabella 10A.2**.

Per il confezionamento e la maturazione dei provini, e per la determinazione della resistenza meccanica del calcestruzzo si farà riferimento alle Norme UNI 6126, 6127, 6130, 6132, 6133, 6135, alle prescrizioni del D.M. 9/1/96 e successivi aggiornamenti.

La **lavorabilità** degli impasti è valutata attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco per cui sarà impiegato il metodo dell'abbassamento al cono (UNI 9418). Il valore ottimale della consistenza da mantenere durante la produzione del calcestruzzo verrà stabilito dalla D.L. in funzione della metodologia di stesa impiegata, dopo aver eseguito la strisciata di prova. Nel caso di stesa manuale il calcestruzzo dovrà comunque avere un abbassamento al cono compreso tra 100 e 200mm.

Il **dosaggio, il tipo e la classe di cemento** da utilizzare, saranno stabiliti nella fase di qualificazione delle miscele. In ogni caso il dosaggio di cemento non potrà mai scendere al di sotto dei 300 kg/m³.

L'assortimento granulometrico delle miscele dovrà essere realizzato impiegando almeno tre classi granulometriche diverse, di cui almeno una sabbia. La curva granulometrica dell'aggregato combinato sarà progettata e messa a punto nella fase di qualifica delle miscele e dovrà garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste sia allo stato fresco che indurito. La curva scelta per ciascuna miscela dovrà essere comunicata prima dell'inizio dei getti alla Direzione Lavori che provvederà a verificarne la costanza. La **dimensione massima dell'aggregato** dovrà essere indicata negli elaborati di progetto, nel rispetto delle indicazioni riportate al punto 5.4 della UNI 9858 e delle disposizioni di legge.

Il **rapporto acqua-cemento** (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire il raggiungimento della resistenza meccanica e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele sia allo stato fresco che indurito. In ogni caso il rapporto a/c non dovrà superare il valore di 0.50. Nella determinazione del rapporto a/c occorre considerare gli aggregati nella condizione di saturazione a superficie asciutta. Pertanto bisognerà tenere conto dell'umidità degli aggregati al momento dell'impasto, sia che essa sia in eccesso o in difetto rispetto alla condizione su menzionata, in base ai valori di assorbimento determinati, in fase di qualificazione, secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a.

Qualora, gli elaborati progettuali richiedano l'impiego di un additivo aerante, dovrà essere inoltre garantito il volume minimo di microbolle d'aria aggiunta specificato in **Tabella 10A.3**. Le microbolle dovranno essere uniformemente distribuite nella miscela.

Tabella 10A.3

Diametro massimo dell'aggregato (mm)	Aria Aggiunta (%)
32	4
16	5
8	6

Il dosaggio di additivo aerante necessario per ottenere nel calcestruzzo la giusta percentuale di microbolle d'aria aggiunta ed il valore complessivo finale del contenuto d'aria, sarà determinato durante la fase di qualifica delle miscele.

20.1.2 Accettazione della miscela

La composizione della miscela (acqua, cemento, aggregati, additivi ed aggiunte) deve essere stabilita in modo da soddisfare le specifiche prestazionali richieste, e di minimizzare i fenomeni di segregazione ed essudazione del calcestruzzo fresco.

A tale scopo l'Impresa è tenuta a far eseguire uno studio della composizione del calcestruzzo (mix design). Tale studio si articolerà in due fasi e comprenderà una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una di messa a punto dell'impianto di produzione.

Qualifica delle miscele in laboratorio

L'Impresa presenterà alla Direzione Lavori lo studio di composizione del conglomerato cementizio sulla base delle richieste contenute negli elaborati progettuali. Tale studio sarà eseguito presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e conterrà i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su ciascuna miscela di cui sia previsto l'impiego.

Lo studio di composizione dovrà comprendere, per ciascuna miscela, la determinazione sperimentale della relazione esistente tra la resistenza caratteristica a compressione e quella a flessione del calcestruzzo per le durate di stagionatura rilevanti ai fini del progetto, e comunque almeno a 3 ed a 28 giorni. A tale scopo saranno realizzati per ciascuna miscela di cui sia previsto l'impiego, almeno 6 provini per le prove di resistenza a compressione e 6 provini per le prove di resistenza a flessione.

Per ognuna delle miscele proposte per l'impiego dovrà inoltre essere indicato almeno:

- il proporzionamento analitico di un metro cubo di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- la quantità d'acqua utilizzata;
- il rapporto a/c (con aggregati in condizioni di saturazione a superficie asciutta);
- la granulometria ed il dosaggio di ciascuna frazione degli aggregati;
- i risultati delle prove di qualifica degli aggregati utilizzati;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi ed aggiunte;

- in caso di impiego di additivo aerante, il contenuto percentuale di aria inclusa nell'impasto fresco;
- classi di esposizione ambientale per le quali la miscela è durabile;
- la massa volumica del calcestruzzo fresco;
- la lavorabilità delle miscele;
- le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Qualifica delle miscele all'impianto

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti solamente dopo l'approvazione della documentazione relativa agli studi di qualifica delle miscele in laboratorio ed all'effettuazione, presso l'impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, di impasti di prova per la qualificazione della produzione di ciascun tipo e classe di calcestruzzo.

La qualifica si intenderà positivamente superata quando:

- il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni (R_m), misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini) effettuati nell'intero arco di una giornata di produzione risulti:
- per $30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1.20 R_{ck}$
- per $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,15 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo prelievo $R_j > R_{ck} - 1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

- il valore della consistenza sia conforme alla classe dichiarata;
- il rapporto a/c determinato secondo le modalità previste nella norma UNI 6393, non superiori di 0.04 quello dichiarato nella qualifica delle miscele in laboratorio;
- il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 97% di quello ottenuto nella qualifica delle miscele in laboratorio.

L'approvazione delle miscele da parte della Direzione Lavori non libera in alcun modo l'Impresa dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti. La qualifica delle miscele dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta verranno a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

20.1.3 Confezionamento delle miscele

Gli impianti devono avere una adeguata capacità di stoccaggio dei materiali (cementi, aggregati, aggiunte, additivi) per garantire la continuità della produzione secondo il previsto programma dei lavori.

Materiali di tipo diverso devono essere movimentati e stoccati in modo da evitare miscele, contaminazioni o deterioramento. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità. Durante lo stoccaggio degli aggregati occorre evitare che si verifichi una

segregazione all'interno di ciascuna frazione granulometrica. Gli additivi devono essere trasportati e conservati in modo da evitare che la loro qualità venga compromessa da fattori chimici fisici.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico, con dosaggio a peso degli aggregati, del cemento e delle eventuali aggiunte. Acqua, ed additivi possono essere dosati sia a peso che a volume. I dispositivi di dosaggio del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Dovranno essere predisposte apparecchiature o procedure di controllo tali da consentire, per ogni impasto, il controllo dell'umidità degli aggregati e quindi l'aggiunta della corretta quantità d'acqua.

Il dosaggio effettivo degli aggregati, dell'acqua, del cemento e delle aggiunte dovrà essere realizzato con precisione del 3%, quello degli additivi con precisione del 5%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio dell'opera e successivamente almeno una volta all'anno. La loro precisione dovrà essere pari almeno quella riportata nella prospetto X della Norma UNI 9858.

Gli impasti dovranno essere confezionati in mescolatori meccanici aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare. Il tempo¹ e la velocità di miscelazione dovranno essere tali da produrre una miscela omogenea. Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 - 79.

Se si aggiungono all'impasto additivi in quantità inferiore a 2g/kg di cemento, questi devono essere preventivamente dispersi in una parte dell'acqua di impasto. Quando a causa del breve periodo di attività degli additivi sia necessario aggiungerli in cantiere, il calcestruzzo deve già essere stato miscelato in modo omogeneo prima dell'additivazione. Al termine dell'additivazione il calcestruzzo deve essere rimiscelato fino a che l'additivo risulti completamente disperso nella massa di calcestruzzo ed inizi ad esplicare la sua azione.

20.1.4 Trasporto delle miscele

Il trasporto dei calcestruzzi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego, ed il suo scarico, dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo. Il numero dei mezzi di trasporto utilizzati dovrà essere tale da non provocare arresti della stesa.

Il tempo di trasporto non dovrà superare di regola i 45 minuti. Qualora, in relazione all'ubicazione dell'impianto, tale tempo sia maggiore di 45 minuti, ma non superi le 2 h, il calcestruzzo potrà ancora essere utilizzato per la stesa purché la consistenza al momento dello scarico sia conforme a quella prevista. Calcestruzzi per i quali, dal momento del confezionamento al momento dello scarico nel caricatore di alimentazione della macchina a casseforme scorrevoli siano trascorsi più di 2 ore, non potranno essere messi in opera e pertanto dovrà esserne impedito lo scarico. Per l'accertamento del tempo trascorso la Direzione Lavori potrà controllare il documento di trasporto.

Ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale saranno indicati:

- numero di serie
- denominazione dell'impianto di betonaggio
 - i. la data e le ore di carico, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
 - ii. identificazione dell'autobetoniera;

- iii. nome del cliente;
- iv. denominazione ed indirizzo del cantiere;
- v. quantità (m³) di calcestruzzo fornito;
- vi. denominazione o marchio dell'organismo di certificazione, se previsto;
- vii. la classe di resistenza;
- viii. la classe di esposizione ambientale;
- ix. la classe di consistenza;
- x. un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
- xi. la dimensione massima dell'aggregato;
- xii. il tipo, la classe e, il contenuto di cemento;
- xiii. il dosaggio ed il tipo di eventuali additivi da aggiungere in cantiere.
- xiv. il rapporto a/c.

A richiesta, il personale dell'Impresa dovrà esibire detti documenti agli incaricati della Direzione Lavori. L'Impresa dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare il punto della struttura cui ciascun carico è stato destinato.

20.1.5 Posa in opera delle miscele

Stesa del calcestruzzo

La posa in opera del calcestruzzo potrà avvenire manualmente o a macchina, impiegando casseforme laterali fisse o scorrevoli.

Se al momento della posa in opera l'abbassamento al cono supererà quello prescritto la Direzione Lavori potrà rifiutare la consegna ed ordinare la sospensione della posa in opera.

Posa in opera manuale. La distribuzione del calcestruzzo sul sottofondo precedentemente umidificato sarà effettuata in modo continuo tra 2 giunti trasversali, impiegando tecniche adeguate a prevenirne la segregazione. Lo scarico e la distribuzione del materiale avverrà utilizzando dispositivi approvati dalla Direzione Lavori. Non sarà permesso camminare all'interno del getto con calzature sporche di terreno o altro materiale inquinante. In corrispondenza dei giunti di dilatazione e contrazione il getto sarà effettuato senza alterarne l'assemblaggio; a tale scopo lo scarico, da benna, tramoggia, o altro sistema di trasporto, dovrà avvenire esattamente in corrispondenza dell'asse centrale del giunto.

La compattazione sarà effettuata per mezzo di vibratori inseriti nel calcestruzzo, con particolare attenzione alle zone prossime alle casseforme laterali, al bordo delle lastre realizzate in precedenza ed ai giunti. I vibratori non dovranno venire a contatto con il sottofondo, le casseforme o con le armature predisposte per i giunti. Essi inoltre non dovranno essere lasciati per più di 20 secondi consecutivi in una

stessa posizione, o usati per distribuire il calcestruzzo. Nel caso in cui una parte di materiale vada a terminare sulla superficie di una lastra finita, si dovrà provvedere alla sua immediata rimozione con mezzi approvati dalla Direzione Lavori.

Posa in opera con macchina di stesa. Il calcestruzzo verrà distribuito, regolato, vibrato, compattato e livellato, mediante una macchina di stesa il cui tipo ed i cui equipaggiamenti (in particolare per quanto riguarda i dispositivi di vibrazione e compattazione) saranno sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori.

Casseforme

Le casseforme laterali per il getto del calcestruzzo saranno di tipo metallico ed avranno un'altezza pari a quella della pavimentazione. Saranno fornite in parti di lunghezza non inferiore a 3m, provviste di appositi dispositivi che ne permettano il perfetto ancoraggio ed evitino qualsiasi movimento relativo delle parti adiacenti. La loro conformazione ed il loro assemblaggio in opera dovrà garantirne l'indefornabilità nel corso delle operazioni di getto, compattazione e finitura della pavimentazione. La predisposizione delle casseforme dovrà avvenire con sufficiente anticipo rispetto alle operazioni di getto per assicurarne la continuità.

Macchina a casseforme scorrevoli

La macchina a casseforme scorrevoli dovrà essere in grado di effettuare la posa in opera, la vibrazione e la finitura della pavimentazione come previsto dagli elaborati di progetto. Dovrà essere di peso e potenza tali da costruire una striscia di pavimentazione di larghezza pari a quella di progetto, senza spostamenti o instabilità di qualsiasi tipo.

Preparazione del piano di posa

La posa in opera del calcestruzzo sarà eseguita, dopo aver preparato accuratamente il piano di posa, averne verificato le quote e le pendenze e dopo aver posizionato le armature metalliche per una lunghezza sufficiente a garantire la regolarità della stesa.

Per la medesima lunghezza, secondo le indicazioni previste nel progetto, dovrà essere predisposto l'eventuale drenaggio longitudinale, con i relativi scarichi trasversali.

Immediatamente prima della stesa sarà effettuata una umidificazione del piano di posa, senza portarlo a saturazione, per evitare una rapida perdita di umidità del calcestruzzo. Il piano di posa dovrà essere inoltre protetto in modo da evitare la formazione o la presenza di ghiaccio al momento della posa del calcestruzzo.

Posa in opera dell'armatura metallica

Le barre di trasferimento e quelle di cucitura saranno poste in opera in corrispondenza dei giunti, alla quota e con l'interasse prescritti nei disegni di progetto. Saranno adeguatamente fissate e mantenute nel loro allineamento orizzontale e verticale mediante opportuni dispositivi "a perdere" approvati dalla Direzione Lavori.

La massima tolleranza ammessa nell'allineamento, orizzontale e verticale, delle barre di trasferimento, è del 2% (20mm per metro).

Le barre di trasferimento, il cappuccio metallico ed i sostegni che costituiscono l'armatura in corrispondenza dei giunti di dilatazione, dovranno formare un insieme rigido preassemblato, pronto per essere posto in opera. Immediatamente prima della loro posa in opera le barre di trasferimento saranno rivestite di materiale lubrificante per prevenire lo sviluppo di aderenza con il calcestruzzo.

Le barre di cucitura saranno poste in opera nei giunti longitudinali, incollandole con una resina epossidica, all'interno di appositi fori ricavati nel calcestruzzo indurito. Il foro sarà ricavato perpendicolarmente al bordo verticale della lastra, utilizzando preferibilmente una tecnica a sola rotazione. Le barre poste in opera non dovranno interferire con quelle in corrispondenza dei giunti trasversali.

Limitazioni alla stesa del calcestruzzo

Le operazioni di stesa del calcestruzzo sono possibili in ogni periodo dell'anno. Quando la temperatura dell'aria è inferiore a + 5°C valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4a. In ogni caso i getti saranno sospesi quando la temperatura dell'aria, misurata in una zona posta all'ombra, scenderà al di sotto dei 4°C, e non potrà essere ripresa se la temperatura, salendo, non raggiungerà almeno i 2°C. La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di +10°C.

La neve e il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi, dalle armature e dal sottofondo: per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto. L'operazione di riscaldamento dell'acqua o degli aggregati è permessa, fino ad una temperatura massima di 65°C. Il riscaldamento dovrà essere uniforme e dovranno essere evitati pericolosi surriscaldamenti del materiale. Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C. Nel caso in cui la temperatura media giornaliera dell'aria superi i 30°C la superficie finita della pavimentazione dovrà essere mantenuta umida nebulizzando acqua, fino all'applicazione dei prodotti di protezione. In particolare la protezione dall'azione del vento si rende necessaria per tassi di evaporazione²⁰ superiori a 1 kg/m² h.

Se, nonostante le misure adottate, si manifesta il fenomeno della fessurazione da ritiro plastico, le operazioni di getto saranno immediatamente arrestate.

Operazioni di finitura

La lastra deve essere livellata affinché le sezioni trasversali siano conformi alle prescrizioni di progetto e le quote siano tali che, portate a termine le operazioni di finitura, la superficie della pavimentazione sia all'altezza prevista in progetto. Non è ammessa l'aggiunta di acqua per facilitare le operazioni di finitura.

Le operazioni di finitura devono essere effettuate con un'apposita macchina e dovranno condurre ad una compattazione ottimale della pavimentazione, ed all'ottenimento di una superficie di tessitura uniforme. Deve essere evitata l'eccessiva permanenza della macchina in un punto.

Nel corso del primo passaggio della macchina finitrice una certa quantità di calcestruzzo deve essere sempre presente davanti alla sua guida anteriore. Durante l'operazione di finitura la guida avanzerà nella direzione della stesa con un movimento combinato longitudinale e trasversale. Se sono impiegate casseforme laterali fisse la macchina dovrà poggiare su di esse evitando spostamenti che pregiudichino la

²⁰ Per il calcolo del tasso di evaporazione, in funzione dell'umidità relativa, della temperatura e della velocità del vento, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale redatte dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

qualità della finitura. Se necessario le operazioni saranno ripetute fino ad ottenere una superficie uniforme, avente la pendenza assegnata e senza aree dall'aspetto poroso.

La finitura manuale della pavimentazione non è ammessa se non in caso di rottura dell'apparecchiatura meccanica e solo per il calcestruzzo oramai già posto in opera. La finitura manuale è altresì ammessa, a seguito dell'autorizzazione della Direzione Lavori, in aree in cui l'impiego della finitrice meccanica è particolarmente difficile o impossibile.

Tessitura superficiale

La finitura superficiale della pavimentazione dovrà essere tale da garantire i valori di tessitura previsti in progetto.

A tal fine potranno essere impiegate scope, spazzole, tele o tappeti di materiale artificiale in grado di produrre la prevista macrorugosità in maniera uniforme. Eventuali strappi o altre imperfezioni superficiali prodotte in questa fase, saranno immediatamente corretti.

Prova di stesa

Le operazioni di stesa potranno essere iniziate solo a seguito della realizzazione di una prova di lavorazione in vera grandezza. Tale prova avrà per obiettivo la verifica del funzionamento delle attrezzature di posa in opera e di tutte le altre tecniche che l'Impresa intenda adottare per il completamento della lastra secondo le prescrizioni degli elaborati di progetto. In caso di esito positivo della prova il tratto realizzato potrà essere integrato nell'infrastruttura, altrimenti verrà demolito.

20.1.6 Stagionatura e protezione della lastra

I metodi di stagionatura e protezione adottati e la loro durata dovranno essere tali da garantire la prescritta resistenza del calcestruzzo e la sua durabilità. La stagionatura protetta inizierà subito dopo il termine delle operazioni di finitura e non dovrà essere interrotta per periodi superiori a mezz'ora. Durante il periodo di stagionatura protetta sarà necessario mantenere le superfici dei getti ad una umidità relativa superiore al 95% evitando nel contempo che essi subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. Per la protezione della pavimentazione potranno essere impiegati prodotti filmogeni che impediscano l'evaporazione dell'acqua dalla superficie della lastra. Potranno altresì essere usati, stuoie o fogli di polietilene.

L'applicazione dei prodotti filmogeni sulla superficie del calcestruzzo sarà eseguita, ricorrendo all'impiego di un'adeguata attrezzatura, in condizioni di altezza e di pressione predeterminate durante la stesa di prova. In particolari condizioni climatiche (vento e soleggiamento) l'applicazione del prodotto stagionante potrà essere realizzata con sistemi manuali anche nella zona tra la macchina a casseforme scorrevoli e l'attrezzatura mobile di spruzzaggio del prodotto filmogeno.

Nel caso si adottino stuoie si dovrà provvedere a mantenerle umide. Se durante il periodo di maturazione, fissato in almeno tre giorni, il film protettivo spruzzato sull'interasuperficie di calcestruzzo verrà per una qualsiasi ragione danneggiato, l'Impresa dovrà rinnovare a sue spese il trattamento nella zona interessata. Ciò vale soprattutto nelle prime ore di maturazione ed in condizioni ventilate. In ogni caso l'Impresa dovrà tenere disponibili in cantiere mezzi idonei ad assicurare la protezione contro la pioggia di una superficie pari a quella gettata durante due ore di lavoro.

Durante le prime 72 ore di maturazione protetta il calcestruzzo dovrà essere mantenuto ad una temperatura superiore ai 10°C mentre per la prima settimana dal getto sarà necessario evitarne il

congelamento. Il conglomerato eventualmente danneggiato dall'azione del gelo sarà rimosso e sostituito a cura e spese dell'Impresa.

20.1.7 Esecuzione dei giunti

I giunti saranno realizzati perpendicolarmente alla superficie della pavimentazione secondo le indicazioni dei disegni di progetto e delle presenti Norme Tecniche. È ammessa una tolleranza di 12 mm sulla loro posizione. La linearità dei giunti dovrà essere immediatamente verificata con un'asta rettilinea lunga 3m: deviazioni superiori a 6mm saranno corrette prima dell'indurimento del calcestruzzo.

Si prevede la formazione di:

- **giunti di costruzione**
- **giunti di contrazione**
- **giunti di dilatazione**

Giunti di costruzione

I giunti trasversali di arresto di cantiere verranno eseguiti alla fine di ogni giornata di lavoro e nel caso di una interruzione per tempi superiori a quelli di inizio presa del calcestruzzo. Si dovranno considerare tali, interruzioni di lavoro di durata superiore a 30 minuti. Le interruzioni giornaliere saranno previste in corrispondenza di un giunto di contrazione o dilatazione.

I giunti di costruzione, longitudinali e trasversali, verranno realizzati effettuando il getto contro una cassaforma, liscia o sagomata. Se previsto dal progetto tale cassaforma dovrà consentire il passaggio delle armature di compartecipazione o di legatura.

Giunti di contrazione

I giunti di contrazione saranno collocati nelle posizioni ed alla distanza riportate nei disegni di progetto. Essi saranno realizzati formando un'incisione sulla superficie del calcestruzzo ancora plastico o realizzando un taglio nel calcestruzzo indurito.

Quando il giunto è realizzato sul calcestruzzo plastico gli spigoli debbono essere lisciati e finiti con uno strumento adatto.

Se il giunto viene segato tale operazione dovrà essere effettuata dopo che il calcestruzzo abbia raggiunto una resistenza sufficiente ad evitare rotture locali o scheggiature, e prima dell'apertura incontrollata di fessure da ritiro sulla pavimentazione. I giunti segati andranno ripuliti e le eventuali imperfezioni immediatamente rifinite.

Giunti di dilatazione

I giunti di dilatazione saranno collocati nelle posizioni ed alla distanza riportate nei disegni di progetto, e saranno della tipologia ivi specificata.

Le tavolette di materiale deformabile dovranno avere l'altezza prevista in progetto. La posa in opera delle tavolette dovrà essere preliminare al getto e dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti e la cura necessari perchè il giunto risulti rettilineo, regolare e della larghezza stabilita. Durante le operazioni di getto il bordo superiore delle tavolette dovrà essere protetto, formando lo spazio necessario all'inserimento del materiale di sigillatura. Il calcestruzzo che dovesse eventualmente riempire lo spazio del giunto andrà completamente rimosso.

Se previsto in progetto le lastre contigue saranno collegate attraverso i giunti di dilatazione con barre di trasferimento. Si dovranno impiegare i necessari dispositivi per assicurare e mantenere l'esatta posizione delle barre durante il getto, l'ancoraggio di una estremità ad una delle lastre ed il libero scorrimento dell'altra estremità nella lastra contigua, senza possibilità di spostamenti in senso verticale.

Sigillatura dei giunti

La sigillatura dei giunti dovrà avvenire immediatamente dopo il termine del periodo di stagionatura protetta, e prima dell'apertura al traffico della pavimentazione.

Al momento dell'installazione la temperatura dovrà essere superiore ai 4°C per i prodotti preformati, ed ai 10°C per i prodotti colati. Al momento dell'installazione i giunti devono essere asciutti e perfettamente puliti (devono essere rimossi tutti i residui dei prodotti di protezione, ad esempio tramite sabbiatura, e quindi il giunto va pulito con aria compressa). Prima dell'installazione del materiale di sigillo i giunti dovranno essere ispezionati dalla Direzione Lavori che ne verificherà la larghezza, l'altezza, la linearità e la pulizia.

20.1.8 Autorizzazione per la transitabilità della lastra

Sulla lastra in calcestruzzo non potrà circolare alcun veicolo prima che siano trascorse almeno 72 ore dall'esecuzione dei getti salvo diversa indicazione del progetto con verifica delle resistenze raggiunte dal calcestruzzo al momento dell'apertura. Tale verifica sarà effettuata su provini confezionati con calcestruzzo prelevato al momento della stesa e maturati all'aperto in condizioni analoghe a quelle della lastra.

L'Impresa dovrà predisporre gli opportuni accorgimenti per evitare che autoveicoli di qualsiasi tipo possano anche accidentalmente transitare sulla lastra prima del termine sopraindicato e comunque dovrà provvedere alla riparazione dei danni arrecati da veicoli che non abbiano rispettato i segnali di divieto.

L'apertura al traffico non potrà avvenire prima che le prove di controllo sulla pavimentazione finita abbiano dimostrato il raggiungimento delle resistenze previste in progetto.

20.1.9 Controlli

Il controllo della qualità dei materiali impiegati per la costruzione della pavimentazione in calcestruzzo e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sia allo stato fresco che indurito, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi, e la frequenza delle prove, sono indicati nella **Tabella 10A.4**.

Qualità dei materiali

Prima dell'impiego l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori i certificati attestanti le caratteristiche di tutti i materiali impiegati.

Ogni prelievo dei materiali impiegati (acqua, cemento, aggregati, aggiunte, additivi) deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive. Le prove di qualificazione degli aggregati per l'accertamento dei requisiti richiesti nel paragrafo 10.1.1 delle presenti Norme Tecniche, vanno ripetute

ogni qualvolta varierà la loro origine ed in ogni caso con una frequenza non inferiore a 6 mesi. Nel corso della lavorazione va controllata la distribuzione granulometrica di tutte le pezzature di aggregati lapidei utilizzate. Nella curva granulometrica di ciascuna pezzatura sono ammesse differenze delle singole percentuali di passante di:

- ± 5 per l'aggregato grosso;
- ± 3 per l'aggregato fino;

rispetto ai valori considerati nella fase di qualifica delle miscele (paragrafo 10-A.2). Differenze superiori comportano l'arresto dei lavori e lo studio di una nuova composizione per la miscela degli aggregati.

Controlli sul calcestruzzo fresco

I controlli sono effettuati sul calcestruzzo prelevato all'atto della messa in opera (UNI 6126). Il prelievo delle miscele allo stato fresco sarà effettuato, su incarico della Direzione Lavori, da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che provvederà all'esecuzione delle prove nei tempi e nei modi previsti dalle norme tecniche adottate. Fatte salve le tolleranze specificate nel seguito, le caratteristiche delle miscele allo statofresco dovranno essere conformi alle specifiche di progetto ed ai valori di riferimento fissati nelle fase di qualifica. In caso di non conformità la Direzione Lavori potrà ordinare l'arresto del cantiere e la riqualifica delle miscele all'impianto di produzione (paragrafo 10A.2).

La verifica della composizione del calcestruzzo è effettuata controllando la distribuzione granulometrica dell'aggregato, il contenuto di cemento ed il rapporto a/c secondo la modalità previste nella Norma UNI 6393. Nella curva granulometrica dell'aggregato combinato sono ammesse differenze delle singole percentuali di passante di:

- ± 5 per l'aggregato grosso;
- ± 3 per l'aggregato fino;

rispetto alla curva di progetto. Per il contenuto di cemento è ammessa una tolleranza del 3% mentre per il rapporto acqua cemento lo scarto massimo ammesso rispetto al valore indicato nella fase di qualifica è di 0.04.

Se è prescritto l'impiego di additivo aerante, sarà determinata la percentuale di aria inclusa, secondo le modalità previste nella Norma UNI 6395.

Dovrà inoltre essere effettuato il controllo della consistenza del calcestruzzo fresco.

Controlli sul calcestruzzo indurito

Sono previste, in aggiunta alle prove di resistenza a compressione relative al controllo di accettazione (D.M. 9/1/96), prove di resistenza a flessione (UNI 6133) su provini confezionati prelevando il calcestruzzo fresco all'atto della posa in opera (UNI 6126) e prove di resistenza a compressione su carote estratte dalla pavimentazione. Tutte le prove di resistenza meccanica saranno effettuate presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il numero dei prelievi da effettuare per il controllo di accettazione della resistenza caratteristica è specificato in progetto, nel rispetto del citato D.M. 9/1/96. Andrà inoltre effettuato almeno un prelievo di campioni cubici per la determinazione della resistenza a compressione contemporaneamente ad ogni prelievo di campioni prismatici per la determinazione della resistenza a flessione.

Saranno effettuati 3 prelievi per la misura della resistenza a flessione; le dimensioni dei provini saranno quelle specificate nella Norma UNI 6130. I prelievi, ciascuno di 2 provini, saranno rappresentativi dell'intera giornata di lavoro.

La Direzione Lavori preciserà di volta in volta, in funzione del metodo di stesa e compattazione adottato, e delle condizioni ambientali in cui si effettuano i getti:

il metodo di compattazione dei provini;

le loro condizioni di maturazione;

ed ogni altro elemento che, secondo le citate norme UNI, debba venire scelto al momento delle prove.

Dopo 3 giorni di maturazione sarà effettuata la prova di flessione, sui provini ottenuti dal primo prelievo. I risultati ottenuti, in relazione ai dati forniti nella relazione di qualifica delle miscele, serviranno a verificare l'efficacia dei sistemi di stagionatura e protezione adottati. In tal senso la Direzione Lavori potrà ordinare il prolungamento della stagionatura protetta.

Dopo 28 giorni di maturazione sarà effettuata la prova di flessione sui provini ottenuti dal secondo e dal terzo prelievo. Sarà quindi calcolato il rapporto (k_f) tra il valore medio della resistenza a flessione (M_R) ed il valore medio della resistenza a compressione (R_c) dei provini cubici prelevati contemporaneamente ($M_R = k_f R_c$).

Se previste in progetto verranno eseguite prove di resistenza al gelo su campioni di calcestruzzo indurito. I provini non dovranno presentare alcun degrado quando sottoposti alla prova eseguita con le modalità di cui alla norma UNI 7087.

Il controllo della qualità del calcestruzzo in opera sarà eseguito sulla lastra finita, a prescindere dall'esito dei controlli di accettazione, e delle altre prove effettuate sul calcestruzzo durante messa in opera. Verrà determinata la resistenza a flessione del calcestruzzo in sito in base al rapporto tra resistenza a flessione e resistenza cubica a compressione ottenuto sui campioni confezionati al momento del getto.

Per l'esecuzione dei controlli è previsto il prelievo di carote dalla pavimentazione finita e la loro rottura a 28 giorni dal getto.

Il prelievo dei campioni, da eseguire in contraddittorio, e la loro conservazione, dovrà avvenire secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6131 e sarà effettuato da Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Ogni prelievo sarà costituito da 3 carote. Il diametro delle carote dovrà essere superiore a 100mm (preferibilmente 150mm) e comunque maggiore di 4 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato impiegato, bisognerà inoltre porre la massima cura nell'evitare la presenza di porzioni di barre di armatura.

La preparazione dei provini (taglio, rettifica, cappaggio) e la loro rottura è eseguita secondo la Norma UNI 6132. La loro altezza dovrà essere compresa tra 1 e 2 volte il diametro della carota (preferibilmente 1.2 volte). Per passare dalla resistenza a compressione misurata sui campioni cilindrici (R_{cil}), alla resistenza cubica a compressione (R_{cc}) del calcestruzzo in opera, si utilizzerà la seguente relazione:

$$R_{cc} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 R_{cil}$$

$$\alpha_1 = \frac{D}{1.5 + \Phi/h}$$

D = 2.5 per carote prelevate orizzontalmente
D = 2.3 per carote prelevate verticalmente

$$\alpha_2 = 1.0 + 1.5 \left(\frac{\Phi_r d}{\Phi_l} \right)$$

(solo in caso di presenza, all'interno della carota, di barre di armatura ortogonali all'asse della carota stessa)

$$\alpha_3 = 1.20$$

(per tenere conto del disturbo arrecato dal prelievo)

Φ : diametro della carota

Φ_r : diametro della barra

h : altezza della carota

l : lunghezza del campione prima del cappaggio

d : distanza dell'asse della barra dall'estremità più vicina della carota

Nel caso in cui siano presenti più barre di armatura, andrà considerata nel calcolo solamente quella che dà il valore più elevato del prodotto ($\Phi_r d$).

Dalla resistenza cubica del calcestruzzo in opera si passerà quindi alla resistenza a flessione in base al valore k_f determinato dalle prove effettuate sui prelievi al momento della posa in opera. Qualora la resistenza a flessione così determinata sia inferiore a quanto previsto negli elaborati di progetto, sui tratti relativi ai prelievi non conformi verrà applicata una penale pari all'80% dell'importo della lastra.

Capacità portante

Sulla pavimentazione finita, il controllo della capacità portante si esegue mediante indagine sul bacino di deflessione o con la stima delle caratteristiche meccaniche dei diversi strati costituenti la sovrastruttura.

La capacità portante della pavimentazione può essere determinata con prove dinamiche tipo FWD, o con sistemi analoghi. Per l'accettazione della sovrastruttura deve verificarsi che i valori di deflessione misurati devono essere uguali o minori di quelli ammessi nel calcolo di progetto in relazione alla vita utile prevista per la pavimentazione.

La media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km) deve essere confrontata con il valore previsto in progetto. Per risultati superiori fino al 10% alla pavimentazione (tutti gli strati) viene applicata una detrazione del 10% del prezzo; per risultati superiori compresi tra il 10% e il 15% viene applicata una penale del 20% per tutto il tratto omogeneo. Per misure di deflessione superiori al 20% del valore ammissibile di progetto, la pavimentazione deve essere demolita e rifatta a spese dell'Impresa. Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

Spessore

Lo spessore della pavimentazione viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Sarà possibile in alternativa misurare lo spessore con apparecchiature automatiche i cui rilevamenti siano stati precedentemente tarati utilizzando le carote estratte.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco, per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto la pavimentazione sarà demolita e ricostruita a spese dell'Impresa.

Regolarità

Il controllo della regolarità riguarderà sia il profilo trasversale che quello longitudinale.

La superficie della pavimentazione sarà controllata in ogni direzione, per mezzo di un regolo rigido di 4 m di lunghezza, entro 24 ore dalla stesa del calcestruzzo.

In caso di irregolarità comprese tra i 6 ed i 13 mm è richiesta la loro eliminazione mediante molatura, se superano i 13 mm la pavimentazione, per il tratto interessato dall'irregolarità sarà demolita e ricostruita a spese dell'Impresa.

Il controllo della regolarità del profilo longitudinale sarà effettuato mediante la rilevazione del profilo longitudinale della pavimentazione, secondo la norma ASTM E950 ed il successivo calcolo dell'indice IRI. Le apparecchiature utilizzate dovranno essere di classe 1 e dovranno effettuare il rilievo con un intervallo di campionamento inferiore a 30 cm.

Le misure del profilo longitudinale interesseranno almeno una corsia e dovranno essere eseguite in un periodo di compreso tra 3° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico. L'indice IRI è calcolato impiegando l'algoritmo riportato dalla Norma ASTM E1926.

Per i tratti rilevati dovranno essere costruiti dei profili di regolarità (riportando i valori di IRI in funzione della posizione) utilizzando una base di riferimento della lunghezza di 20m. In questi profili il valore dell'IRI non dovrà essere superiore a 1.5 m/km.

Per i tratti in cui il valore dell'IRI sia compreso tra 1.5 e 2 m/km verrà applicata una penale del 20% sulla lunghezza del tratto. Nel caso in cui il valore superi i 2 m/km verrà applicata una penale del 50%.

Aderenza

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) della pavimentazione misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0.60. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere superiore o uguale a 0.4 mm. Le misure di macrorugosità eseguite con altri metodi andranno riferite ad HS con opportune correlazioni.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con "mini texture meter"), sia inferiore ai valori prescritti, la lastra in calcestruzzo verrà penalizzata del 5% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0.40 e 0.25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo strato. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 10% del prezzo della lastra.

Tabella 10A.4

PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO NON ARMATA			
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE MISURA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato	Impianto	Iniziale quindi ogni 12 mesi	Riferimento Par. 10-A.1
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Additivi	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Aggregato	Impianto	Settimanale oppure ogni 5000 m ² di stesa	Granulometria
Calcestruzzo fresco	Cantiere	Giornaliera	Composizione Contenuto d'aria Consistenza
Calcestruzzo Indurito	Cantiere	Giornaliera	Resistenze meccaniche di progetto
Carote per resistenze	Pavimentazione	Giornaliera oppure ogni 1000 m ² di stesa	Resistenze meccaniche di progetto
Carote per spessori	Pavimentazione	Giornaliera oppure ogni 1000 m ² di stesa	Spessori di progetto
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di stesa	Bacino di deflessione uguale o minore di quello ammesso in progetto
Pavimentazione	Pavimentazione	Tutta la pavimentazione	Irregolarità < 6mm
Pavimentazione	Pavimentazione	Misura in continuo con base di misura di 20m	IRI < 3 m/km
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	CAT ≥ 0,60 (media su 50m) BPN ≥ 60 (ogni 50 m)
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,4 mm (media su 50 m)

20.2 PAVIMENTAZIONI IN CALCESTRUZZO AD ARMATURA CONTINUA

Le pavimentazioni in calcestruzzo ad armatura continua sono costituite da una lastra continua di calcestruzzo, provvista di un'armatura, anch'essa senza soluzione di continuità, cui è affidato il compito di guidare la formazione di un sistema di fessure uniformemente distribuite, ravvicinate e di piccola ampiezza.

20.2.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

Cemento

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

I cementi utilizzati dovranno soddisfare ai requisiti previsti dalla L. 595/65 ed elencati nella Norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);

- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.) o da altri organismi autorizzati ai sensi dello stesso D.M. 12/07/93.

Aggregati

Gli aggregati sono componenti del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4mm (UNI 2332) e degli aggregati fini.

Gli aggregati devono possedere le caratteristiche fondamentali indicate nel prospetto 1 della Norma UNI 8520-97 parte 2^a per la categoria A.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla valutazione del rischio da vizio occulto di **reazione alcali-aggregato** a fronte del quale, fatto salvo l'esito positivo delle prove previste dalla Norma UNI 8520 (parti 4 e 22), si dovranno adottare ulteriori misure preventive quali ad esempio:

- la scelta di cementi a basso contenuto di alcali (UNI EN 196/21);
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte.

Durante la lavorazione la Direzione Lavori verificherà la continuità della corrispondenza delle caratteristiche del materiale ai valori ottenuti nella fase di qualifica. Qualora si verificano discrepanze significative, la Direzione Lavori potrà rifiutare il materiale lapideo.

L'**aggregato grosso** deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti frantumati²¹, da elementi naturali aspigoli vivi.

Per tutte le pezzature impiegate sono inoltre valide le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di forma $\geq 0,15$ (UNI 8520/18);
- assorbimento di umidità degli aggregati $\leq 1 \%$ (UNI 8520/16);
- coefficiente di abrasione Los Angeles $\leq 30 \%$ (UNI 8520/19).

L'**aggregato fino** deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso riportato in **Tabella 10B.1**:

²¹ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

Tabella 10-B.1.

Serie setacci UNI 2332	Passante (%)
8	100
4	90 - 100
2	65 - 90
1	45 - 75
0,5	22 - 46
0,25	7 - 25
0,125	0 - 5
Modulo di finezza: $2.2 < MF < 3.5$	

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Acqua

L'acqua d'impasto deve rispettare le prescrizioni della Norma UNI-EN 1008.

Additivi

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità in massa rispetto al cemento, inducono le richieste modifiche delle proprietà del calcestruzzo.

Gli additivi devono rispettare le prescrizioni delle Norme UNI 7101÷7120, UNI 8145 ed UNI EN 934/2; non devono contenere sostanze dannose in quantità tali da pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione delle armature.

L'impiego di additivi è consentito previa la verifica del loro dosaggio e delle prestazioni delle miscele, allo stato fresco e allo stato indurito.

Si farà uso di additivi aeranti laddove questi siano espressamente richiesti negli elaborati di progetto. Essi dovranno essere aggiunti al calcestruzzo nel mescolatore in soluzione con l'acqua di impasto, con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo in quantità variabili di non più del 5% della quantità indicata nello studio della miscela e che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del calcestruzzo durante il periodo di miscelazione.

Aggiunte

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

L'impiego nelle miscele di aggiunte è consentito purché in quantità tali da non pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione alle armature.

Le ceneri volanti impiegate dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 450. Quando l'aggiunta avvenga in sostituzione del cemento la percentuale di ceneri non dovrà superare il 20% del peso totale ceneri più cemento.

Le prestazioni dei calcestruzzi confezionati con l'aggiunta di ceneri volanti o altre aggiunte di tipo II (Norma UNI 9858), sia allo stato fresco che indurito, vanno verificate nel corso della fase di qualifica delle miscele.

Prodotti filmogeni

I prodotti filmogeni sono applicati sulla superficie del calcestruzzo per ridurre la perdita d'acqua per evaporazione durante il primo periodo di indurimento ed eventualmente durante la successiva maturazione del calcestruzzo.

Le caratteristiche dei prodotti filmogeni dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 (tipo 1 e 2). La costanza della composizione del prodotto filmogeno dev'essere verificata al momento dell'approvvigionamento.

Qualora sia prevista la realizzazione di uno strato superficiale in conglomerato bituminoso, il prodotto deve risultare fotodegradabile per non costituire impedimento all'adesione della mano d'attacco. Se questa qualità non è assicurata, la maturazione della lastra in calcestruzzo dovrà essere affidata a sistemi tradizionali quali stuoie mantenute umide o fogli di polietilene appoggiati sulla superficie della lastra per un tempo dipendente dalle condizioni climatiche e comunque non inferiore a 72 ore.

Armature

Le armature impiegate per la lastra in calcestruzzo ad armatura continua comprendono le barre dell'armatura corrente e di rinforzo, longitudinale e trasversale, le barre di trasferimento che assicurano la compartecipazione tra lastre adiacenti, le barre di legatura tra i giunti e le reti elettrosaldate. Tutte le armature andranno poste in opera secondo quanto riportato nei disegni di progetto, impiegando i dispositivi di posizionamento e distanziamento, ivi indicati.

Barre dell'armatura corrente e di rinforzo. Le barre dell'armatura corrente, longitudinale e trasversale, avranno i diametri, gli interassi e le lunghezze indicate nei disegni di progetto. Saranno costituite da barre di acciaio ad aderenza migliorata della classe FeB44k, controllate in stabilimento, che dovranno rispondere ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti).

Le armature saranno fornite in opera dallo stabilimento pre-assemblate in pannelli con dimensioni longitudinali e trasversali anch'esse indicate in progetto e comunque tali da permetterne la movimentazione automatizzata nel treno di stesa con posizionamento nel cassonetto e sovrapposizioni perfettamente parallele della lunghezza indicata in progetto (almeno 70 cm). In corrispondenza delle sovrapposizioni si dovrà provvedere ad una idonea legatura dei ferri o in alternativa alla loro saldatura.

La quota di progetto dell'armatura longitudinale e trasversale corrente sarà garantita a piè d'opera dall'assemblaggio dei pannelli citati su tralicci di armatura in posizione, numero, dimensioni e altre caratteristiche indicate nel progetto.

Barre di trasferimento. Il diametro, il distanziamento, la lunghezza e la posizione delle barre di trasferimento saranno quelli indicati negli elaborati di progetto. Dovranno essere costituite da barre tonde lisce di acciaio della classe FeB22k, controllate in stabilimento, rispondenti ai requisiti prescritti dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti). Dovranno essere lisce, perfettamente

rettilinee, esenti da sbavature, deformazioni o irruvidimenti che possano pregiudicare il loro perfetto scorrimento. Le barre dovranno essere trattate con vernici anticorrosione ed immediatamente prima della loro posa in opera, rivestite da una pellicola di materiale lubrificante, secondo le indicazioni di progetto.

I cappucci per le barre di trasferimento, usati nei giunti di dilatazione, saranno metallici di altro materiale rigido approvato dalla Direzione Lavori ed avranno una lunghezza che ricopra la barra da 50 a 75 cm. Avranno sezione trasversale tale da adattarsi perfettamente al diametro delle barre ed a prevenire l'infiltrazione d'acqua.

Barre di legatura. Le barre di legatura dei giunti, avranno i diametri, gli interassi e le lunghezze indicate nei disegni di progetto. Saranno costituite da barre di acciaio ad adherenza migliorata, controllate in stabilimento e dovranno rispondere ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti).

Rete di acciaio elettrosaldato. Dovrà essere costituita da fili elementari del diametro e con distanza assiale tra i fili indicati nel progetto, controllata in stabilimento e rispondente ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti).

Materiale di riempimento per giunti di dilatazione

Il riempimento dei giunti di dilatazione dovrà essere effettuato con tavolette prefabbricate di materiale compressibile rispondente alle prescrizioni contenute nelle Norme ASTM D1752 Tipo II.

Le tavolette dovranno avere sufficiente rigidità da poter essere installate in corrispondenza dei giunti prima della posa in opera del calcestruzzo ed essere predisposte per il passaggio delle barre di trasferimento, dove richiesto dal progetto.

Le tavolette dovranno avere dimensioni (altezza e spessore) coincidenti con quelle indicate negli elaborati di progetto. Qualora sia necessario l'impiego di più tavolette per un singolo giunto, esse dovranno essere adeguatamente collegate.

Materiali per la sigillatura dei giunti

Si tratta di materiali aventi caratteristiche elastiche ed adesive impiegati come riempimento sigillante per giunti. Potranno essere impiegati prodotti colati a freddo o prodotti preformati.

I prodotti colati a freddo dovranno essere miscelati secondo le proporzioni indicate dalla Ditta produttrice entro miscelatori o distributori automatici approvati dalla Direzione Lavori. I prodotti preformati dovranno essere conformi alla Norma ASTM D2628.

I sigillanti dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Dovranno possedere caratteristiche di deformabilità compatibili con le dimensioni dei giunti indicate in progetto e resistenza all'invecchiamento per effetto degli agenti atmosferici. All'atto della proposta del tipo di sigillante da impiegare dovranno essere fornite le seguenti notizie tecniche:

- caratteristiche fisiche del prodotto;
- modalità di preparazione del materiale;
- modalità di preparazione del giunto prima della sigillatura;
- modalità e limiti d'impiego del prodotto (temperature, umidità, ecc.);
- tolleranza nella proporzione dei sigillanti a più componenti.

Miscela

Il calcestruzzo è specificato dal progettista come miscela progettata, con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita).

La resistenza meccanica del calcestruzzo dovrà soddisfare le prescrizioni di progetto riguardanti la resistenza a compressione e quella a flessione. In mancanza di esplicite indicazioni, la resistenza media a flessione del calcestruzzo non dovrà comunque essere inferiore a 4.0 MPa.

La classe di resistenza del calcestruzzo è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150mm di lato (R_{ck}) o cilindri di diametro 150mm e altezza 300mm (f_{ck}). Saranno utilizzati calcestruzzi appartenenti alle classi indicate in **Tabella 10B.2**.

Tabella 10B.2

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55

È ammesso l'impiego di calcestruzzi avente resistenza caratteristica superiore a quelle indicate nella **Tabella 10B.2**.

Per il confezionamento e la maturazione dei provini, e per la determinazione della resistenza meccanica del calcestruzzo si farà riferimento alle Norme UNI 6126, 6127, 6130, 6132, 6133, 6135, alle prescrizioni del D.M. 9/1/96 e successivi aggiornamenti.

La lavorabilità degli impasti è valutata attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco. Per la misura della consistenza saranno impiegati il metodo dell'abbassamento al cono (UNI 9418) e la prova Vébé (UNI 9419).

Il valore ottimale della consistenza da mantenere durante la produzione del calcestruzzo verrà scelto in funzione delle caratteristiche dell'apparecchiatura di stesa impiegata, dopo aver eseguito, se necessario, una strisciata di prova. Il dosaggio, il tipo e la classe di **cemento** da utilizzare, saranno stabiliti nella fase di qualificazione delle miscele. In ogni caso il dosaggio di cemento non potrà mai scendere al di sotto dei 370 kg/m³.

L'assortimento granulometrico delle miscele dovrà essere realizzato impiegando almeno 3 classi granulometriche diverse, di cui almeno una sabbia. La curva granulometrica dell'aggregato combinato sarà progettata e messa a punto nella fase di qualifica delle miscele e dovrà garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste sia allo stato fresco che indurito. La curva scelta per ciascuna miscela dovrà essere comunicata prima dell'inizio dei getti alla Direzione Lavori che provvederà a verificarne la costanza. La **dimensione massima dell'aggregato** dovrà essere indicata negli elaborati di progetto, nel rispetto delle indicazioni riportate al punto 5.4 della UNI 9858 e delle disposizioni di legge.

Il rapporto acqua-cemento (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire il raggiungimento della resistenza meccanica e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele sia allo stato fresco che indurito. In ogni caso il rapporto a/c non dovrà superare il valore di 0.45. Nella determinazione del rapporto a/c occorre considerare gli aggregati nella condizione di saturazione a superficie asciutta. Pertanto bisognerà tenere conto dell'umidità degli aggregati al momento dell'impasto, sia che essa sia in

eccesso o in difetto rispetto alla condizione su menzionata, in base ai valori di assorbimento determinati, in fase di qualificazione, secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a.

Qualora, gli elaborati progettuali richiedano l'impiego di un additivo aerante, dovrà essere inoltre garantito il volume minimo di microbolle d'aria aggiunta specificato in **Tabella 10B.3**. Le microbolle dovranno essere uniformemente distribuite nella miscela.

Tabella 10B.3

Diametro massimo dell'aggregato (mm)	Aria Aggiunta (%)
32	4
16	5
8	6

Il dosaggio di additivo aerante necessario per ottenere nel calcestruzzo la giusta percentuale di microbolle d'aria aggiunta ed il valore complessivo finale del contenuto d'aria, sarà determinato durante la fase di qualifica delle miscele.

Il **ritiro** idraulico del calcestruzzo, determinato secondo le Norme UNI 7086 e UNI 6555, dovrà essere inferiore a 0.03 % con riferimento ad una stagionatura (al 50% di umidità relativa e $20 \pm 2^\circ$) del calcestruzzo di 28 giorni dal confezionamento.

20.2.2 Accettazione delle miscele

La composizione della miscela (acqua, cemento, aggregati, additivi ed aggiunte) deve essere stabilita in modo da soddisfare le specifiche prestazionali richieste, e di minimizzare i fenomeni di segregazione ed essudazione del calcestruzzo fresco.

A tale scopo l'Impresa è tenuta a far eseguire uno studio della composizione del calcestruzzo (mix design). Tale studio si articolerà in due fasi e comprenderà una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una di messa a punto dell'impianto di produzione.

Qualifica delle miscele in laboratorio

L'Impresa, presenterà alla Direzione Lavori lo studio di composizione del conglomerato cementizio sulla base delle richieste contenute negli elaborati progettuali. Tale studio sarà eseguito presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e conterrà i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su ciascuna miscela di cui sia previsto l'impiego.

Per ognuna delle miscele proposte per l'impiego dovrà essere indicato almeno:

- il proporzionamento analitico di un metro cubo di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- la quantità d'acqua utilizzata;
- il rapporto a/c (con aggregati in condizioni di saturazione a superficie asciutta);

- la granulometria ed il dosaggio di ciascuna frazione degli aggregati;
- i risultati delle prove di qualifica degli aggregati utilizzati;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi ed aggiunte;
- in caso di impiego di additivo aerante, il contenuto percentuale di aria inclusa nell'impasto fresco;
- classi di esposizione ambientale per le quali la miscela è durabile;
- la massa volumica del calcestruzzo fresco;
- la lavorabilità delle miscele;
- le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Potrà inoltre essere prevista la preparazione di provini per la determinazione di qualsiasi altra caratteristica del calcestruzzo richiesta dagli elaborati progettuali.

Qualifica delle miscele all'impianto

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti solamente dopo l'approvazione della documentazione relativa agli studi di qualifica delle miscele in laboratorio ed all'effettuazione, presso l'impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, di impasti di prova per la qualificazione della produzione di ciascun tipo e classe di calcestruzzo.

La qualifica si intenderà positivamente superata quando:

- il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni (R_m), misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini) effettuati nell'intero arco di una giornata di produzione risulti:
- per $30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1.20 R_{ck}$
- per $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1.15 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo prelievo $R_j > R_{ck} - 1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

- il valore della consistenza sia conforme alla classe dichiarata;
- il rapporto a/c determinato secondo le modalità previste nella norma UNI 6393, non superiori di 0.04 quello dichiarato nella qualifica delle miscele in laboratorio;
- il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 97% di quello ottenuto nella qualifica delle miscele in laboratorio.

L'approvazione delle miscele da parte della Direzione Lavori non libera in alcun modo l'Impresa dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti. La qualifica delle miscele dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta verranno a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

20.2.3 Confezionamento delle miscele

Gli impianti devono avere una adeguata capacità di stoccaggio dei materiali (cementi, aggregati, aggiunte, additivi) per garantire la continuità della produzione secondo il previsto programma dei lavori.

Materiali di tipo diverso devono essere movimentati e stoccati in modo da evitare miscele, contaminazioni o deterioramento. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

Durante lo stoccaggio degli aggregati occorre evitare che si verifichi una segregazione all'interno di ciascuna frazione granulometrica.

Gli additivi devono essere trasportati e conservati in modo da evitare che la loro qualità venga compromessa da fattori chimici o fisici.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico, con dosaggio a peso degli aggregati, del cemento e delle eventuali aggiunte. Acqua, ed additivi possono essere dosati sia a peso che a volume.

I dispositivi di dosaggio del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Dovranno essere predisposte apparecchiature o procedure di controllo tali da consentire, per ogni impasto, il controllo dell'umidità degli aggregati e quindi l'aggiunta della corretta quantità d'acqua.

Il dosaggio effettivo degli aggregati, dell'acqua, del cemento e delle aggiunte dovrà essere realizzato con precisione del 3%, quello degli additivi con precisione del 5%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. La loro precisione dovrà essere pari almeno quella riportata nella prospetto X della Norma UNI 9858.

Gli impasti dovranno essere confezionati in mescolatori meccanici aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo²² e la velocità di miscelazione dovranno essere tali da produrre una miscela omogenea. Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 - 79.

Se si aggiungono all'impasto additivi in quantità inferiore a 2g/kg di cemento, questi devono essere preventivamente dispersi in una parte dell'acqua di impasto. Quando a causa del breve periodo di attività degli additivi sia necessario aggiungerli in cantiere, il calcestruzzo deve già essere stato miscelato in modo omogeneo primadell'additivazione. Al termine dell'additivazione il calcestruzzo deve essere rimiscelato fino a che l'additivo risulti completamente disperso nella massa di calcestruzzo ed inizi ad esplicare la sua azione.

20.2.4 Trasporto delle miscele

²² Il tempo di miscelazione decorre da quando tutti i componenti del calcestruzzo sono all'interno del mescolatore in rotazione

Il trasporto dei calcestruzzi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego, ed il suo scarico, dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo. Il numero dei mezzi di trasporto utilizzati dovrà essere tale da non provocare arresti della stesa.

Il tempo di trasporto non dovrà superare di regola i 45 minuti. Qualora, in relazione all'ubicazione dell'impianto, tale tempo sia maggiore di 45 minuti, ma non superi le 2 h, il calcestruzzo potrà ancora essere utilizzato per la stesa purchè la consistenza al momento dello scarico sia conforme a quella prevista. Calcestruzzi per i quali, dal momento del confezionamento al momento dello scarico nel caricatore di alimentazione della macchina a casseforme scorrevoli siano trascorsi più di 2 ore, non potranno essere messi in opera e pertanto dovrà esserne impedito lo scarico. Per l'accertamento del tempo trascorso la Direzione Lavori potrà controllare il documento di trasporto.

Ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale saranno indicati:

- numero di serie
- denominazione dell'impianto di betonaggio
- la data e le ore di carico, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- identificazione dell'autobetoniera;
- nome del cliente;
- denominazione ed indirizzo del cantiere;
- quantità (m³) di calcestruzzo fornito;
- denominazione o marchio dell'organismo di certificazione, se previsto;
- la classe di resistenza;
- la classe di esposizione ambientale;
- la classe di consistenza;
- un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- il tipo, la classe e, il contenuto di cemento;
- il dosaggio ed il tipo di eventuali additivi da aggiungere in cantiere.
- il rapporto a/c.

A richiesta, il personale dell'Impresa dovrà esibire detti documenti agli incaricati della Direzione Lavori. L'Impresa dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare il punto della struttura cui ciascun carico è stato destinato.

20.2.5 Posa in opera delle miscele

Stesa del calcestruzzo

Il calcestruzzo verrà distribuito, regolato, vibrato, compattato e livellato, mediante una macchina di stesa a casseforme scorrevoli, il cui tipo ed i cui equipaggiamenti (in particolare per quanto riguarda i dispositivi di vibrazione e compattazione) saranno sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori.

Se al momento della posa in opera l'abbassamento al cono supererà quello prescritto più di 5cm la Direzione Lavori potrà rifiutare la consegna ed ordinare la sospensione della posa in opera.

Particolare attenzione dovrà essere posta nell'esecuzione delle parti della lastra in prossimità dei dispositivi di ancoraggio o dei blocchi terminali. Eventualmente in tali zone, previa autorizzazione della Direzione Lavori, l'Impresa potrà eseguire la stesa della lastra con alimentazione del calcestruzzo tramite

autobetoniera e addensamento mediante vibratori e finitura manuale. In questo caso dovrà essere realizzato fra la partedi lastra posta in opera con la macchina di stesa e quella realizzata a mano, un giuntodi costruzione per il quale non è prevista l'adozione di ulteriori armature rispetto a quellepreviste nei disegni di progetto riguardanti i dispositivi di ancoraggio o i blocchi terminali.

Macchina acasseformescorrevoli

La macchina a casseforme scorrevoli dovrà essere in grado di effettuare la posa in opera, la vibrazione e la finitura della pavimentazione come previsto dagli elaborati di progetto. Dovrà essere di peso e potenza tali da costruire una striscia di pavimentazione di larghezza pari a quella di progetto, senza spostamenti o instabilità di qualsiasi tipo.

Preparazione del piano di posa

La posa in opera del calcestruzzo sarà eseguita, dopo aver preparato accuratamente il piano di posa, averne verificato le quote e le pendenze e dopo aver posizionato le armature metalliche per una lunghezza sufficiente a garantire la regolarità della stesa.

Per la medesima lunghezza, secondo le indicazioni previste nel progetto, dovrà essere predisposto l'eventuale drenaggio longitudinale, con i relativi scarichi trasversali.

Immediatamente prima della stesa sarà effettuata una umidificazione del piano di posa, senza portarlo a saturazione, per evitare una rapida perdita di umidità del calcestruzzo. Il piano di posa dovrà essere inoltre protetto in modo da evitare la formazione o la presenza di ghiaccio al momento della posa del calcestruzzo.

Posa in operadell'armatura metallica

L'armatura metallica corrente e di rinforzo sarà posta in opera nelle posizioni e con i diametri indicati nei disegni di progetto. La posizione dei supporti rispetto la geometria trasversale della carreggiata, sarà definita nel progetto.

La continuità dell'armatura corrente, longitudinale e trasversale, sarà assicurata mediante adeguate sovrapposizioni della lunghezza indicata in progetto (almeno 70 cm.), perfettamente parallele tra loro.

Le barre di trasferimento e quelle di cucitura saranno poste in opera in corrispondenza dei giunti, alla quota e con l'interasse prescritti nei disegni di progetto. Saranno adeguatamente fissate e mantenute nel loro allineamento orizzontale e verticale mediante opportuni dispositivi "a perdere" approvati dalla Direzione Lavori. La massima tolleranza ammessa nell'allineamento, orizzontale e verticale, delle barre di trasferimento, è del 2 % (20mm per metro).

Le barre di trasferimento, il cappuccio metallico ed i sostegni che costituiscono l'armatura in corrispondenza dei giunti di dilatazione, dovranno formare un insieme rigido preassemblato, pronto per essere posto in opera. Immediatamente prima della loro posa in opera le barre di trasferimento saranno rivestite di materiale lubrificante per prevenire lo sviluppo di aderenza con il calcestruzzo.

Le barre di cucitura saranno poste in opera, nei giunti longitudinali, incollandole con una resina epossidica, all'interno di appositi fori ricavati nel calcestruzzo indurito. Il foro sarà ricavato perpendicolarmente al bordo verticale della lastra, utilizzando preferibilmente una tecnica a sola rotazione. Le barre poste in opera non dovranno interferire con quelle in corrispondenza dei giunti trasversali.

Limitazioni alla stesa del calcestruzzo

Le operazioni di stesa del calcestruzzo sono possibili in ogni periodo dell'anno. Quando la temperatura dell'aria è inferiore a + 5°C valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4a. In ogni caso i getti saranno sospesi quando la temperatura dell'aria, misurata in una zona posta all'ombra, scenderà al di sotto dei 4°C, e non potrà essere ripresa se la temperatura, salendo, non raggiungerà almeno i 2°C. La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di +10°C.

La neve e il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi, dalle armature e dal sottofondo: per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto. L'operazione di riscaldamento dell'acqua o degli aggregati è permessa, fino ad una temperatura massima di 65°C. Il riscaldamento dovrà essere uniforme e dovranno essere evitati pericolosi surriscaldamenti del materiale. Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C. Nel caso in cui la temperatura media giornaliera dell'aria superi i 30°C la superficie finita della pavimentazione dovrà essere mantenuta umida nebulizzando acqua, fino all'applicazione dei prodotti di protezione. In particolare la protezione dall'azione del vento si rende necessaria per tassi di evaporazione³ superiori a 1 kg/m² h. Se, nonostante le misure adottate, si manifesta il fenomeno della fessurazione da ritiro plastico, le operazioni di getto saranno immediatamente arrestate.

Operazioni di finitura

La lastra deve essere livellata affinché le sezioni trasversali siano conformi alle prescrizioni di progetto e le quote siano tali che, portate a termine le operazioni di finitura, la superficie della pavimentazione sia all'altezza prevista in progetto. Non è ammessa l'aggiunta di acqua per facilitare le operazioni di finitura.

Le operazioni di finitura devono essere effettuate con un'apposita macchina e dovranno condurre ad una compattazione ottimale della pavimentazione, ed all'ottenimento di una superficie di tessitura uniforme. Deve essere evitata l'eccessiva permanenza della macchina in un punto.

Nel corso del primo passaggio della macchina finitrice una certa quantità di calcestruzzo deve essere sempre presente davanti alla sua guida anteriore. Durante l'operazione di finitura la guida avanzerà nella direzione della stesa con un movimento combinato longitudinale e trasversale. Se sono impiegate casseforme laterali fisse la macchina dovrà poggiare su di esse evitando spostamenti che pregiudichino la qualità della finitura. Se necessario le operazioni saranno ripetute fino ad ottenere una superficie uniforme, avente la pendenza assegnata e senza aree dall'aspetto poroso.

La finitura manuale della pavimentazione non è ammessa se non in caso di rottura dell'apparecchiatura meccanica e solo per il calcestruzzo oramai già posto in opera. La finitura manuale è altresì ammessa, a seguito dell'autorizzazione della Direzione Lavori, in aree in cui l'impiego della finitrice meccanica è particolarmente difficile o impossibile.

Tessitura superficiale

La finitura superficiale della pavimentazione dovrà essere tale da garantire i valori di tessitura previsti in progetto.

A tal fine potranno essere impiegate scope, spazzole, tele o tappeti di materiale artificiale in grado di produrre la prevista macrorugosità in maniera uniforme. Eventuali strappi o altre imperfezioni superficiali prodotte in questa fase, saranno immediatamente corretti.

Operazioni di stesa

Le operazioni di stesa potranno essere iniziate solo a seguito della realizzazione di una prova di lavorazione in vera grandezza. Tale prova avrà per obiettivo la verifica del funzionamento delle attrezzature di posa in opera e di tutte le altre tecniche che l'Impresa intenda adottare per il completamento della lastra secondo le prescrizioni degli elaborati di progetto. In caso di esito positivo della prova il tratto realizzato potrà essere integrato nell'infrastruttura, altrimenti verrà demolito.

20.2.6 Stagionatura e protezione della lastra

I metodi di stagionatura e protezione adottati e la loro durata dovranno essere tali da garantire la prescritta resistenza del calcestruzzo e la sua durabilità.

Durante il periodo di stagionatura protetta sarà necessario mantenere le superfici dei getti ad una umidità relativa superiore al 95% evitando nel contempo che essi subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. Durante il periodo della stagionatura protetta potranno essere impiegati prodotti filmogeni che impediscano l'evaporazione dell'acqua dalla superficie della lastra. Potranno altresì essere usati, stuoie o fogli di polietilene.

L'applicazione dei prodotti filmogeni sulla superficie del calcestruzzo sarà eseguita nell'immediata vicinanza della macchina a casseforme scorrevoli, ricorrendo all'impiego di un'idonea attrezzatura semovente, in condizioni di altezza e di pressione predeterminate durante la stesa di prova. In particolari condizioni climatiche (vento e soleggiamento) l'applicazione del prodotto stagionante potrà essere realizzata con sistemi manuali anche nella zona tra la macchina a casseforme scorrevoli e l'attrezzatura mobile di spruzzaggio del prodotto filmogeno.

Nel caso si adottino stuoie si dovrà provvedere a mantenerle umide. Se durante il periodo di maturazione, fissato in almeno tre giorni, il film protettivo spruzzato sull'interasuperficie di calcestruzzo verrà per una qualsiasi ragione danneggiato, l'Impresa dovrà rinnovare a sue spese il trattamento nella zona interessata. Ciò vale soprattutto nelle prime ore di maturazione ed in condizioni ventilate.

In ogni caso l'Impresa dovrà tenere disponibili in cantiere mezzi idonei ad assicurare la protezione contro la pioggia di una superficie pari a quella gettata durante due ore di lavoro.

20.2.7 Esecuzione dei giunti o degli ancoraggi

La macchina di stesa realizzerà la lastra in calcestruzzo ad armatura continua in un unico nastro senza soluzione di continuità, di larghezza, spessore e con le quote previste in progetto. Si prevede la formazione di:

- **giunti di costruzione;**
- **giunti di dilatazione.**

In alternativa ai giunti di dilatazione, in relazione a quanto previsto in progetto, potranno essere realizzati dispositivi di ancoraggio o blocchi terminali in corrispondenza dei viadotti ed all'inizio ed alla fine della pavimentazione.

Giunti di costruzione

I giunti di arresto di cantiere verranno eseguiti alla fine di ogni giornata di lavoro e nel caso di una interruzione per tempi superiori a quelli di inizio presa del calcestruzzo. Si dovranno considerare tali, interruzioni di lavoro di durata superiore a 30 minuti.

Il giunto trasversale di costruzione verrà realizzato disponendo una cassaforma liscia trasversalmente alla direzione di avanzamento della macchina. Tale cassaforma dovrà consentire il passaggio delle armature sia correnti longitudinali sia di rinforzo.

L'armatura di rinforzo della zona terminale sarà quella indicata nel progetto e dovrà essere posta in opera dopo la pulizia della superficie di appoggio della lastra.

Il calcestruzzo di riempimento avrà caratteristiche analoghe al materiale posto in opera con la macchina a cassaforma scorrevoli, sarà trasportato con l'ausilio di autobetoniera e la sua compattazione avverrà mediante vibrator e finitura manuale.

Giunti di dilatazione

I giunti di dilatazione saranno collocati nelle posizioni ed alla distanza riportate nei disegni di progetto, e saranno della tipologia ivi specificata.

Le tavolette di materiale deformabile dovranno avere l'altezza prevista in progetto. La posa in opera delle tavolette dovrà essere preliminare al getto e dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti e la cura necessari perchè il giunto risulti rettilineo, regolare e della larghezza stabilita. Durante le operazioni di getto il bordo superiore delle tavolette dovrà essere protetto, formando lo spazio necessario all'inserimento del materiale di sigillatura. Il calcestruzzo che dovesse eventualmente riempire lo spazio del giunto andrà completamente rimosso.

Se previsto in progetto le lastre contigue saranno collegate attraverso i giunti di dilatazione con barre di trasferimento. Si dovranno impiegare i necessari dispositivi per assicurare e mantenere l'esatta posizione delle barre durante il getto, l'ancoraggio di una estremità ad una delle lastre ed il libero scorrimento dell'altra estremità nella lastra contigua, senza possibilità di spostamenti in senso verticale.

Sigillatura dei giunti

La sigillatura dei giunti dovrà avvenire immediatamente dopo il termine del periodo di stagionatura protetta, e prima dell'apertura al traffico della pavimentazione.

Al momento dell'installazione la temperatura dovrà essere superiore ai 4°C per i prodotti preformati, ed ai 10°C per i prodotti colati. Al momento dell'installazione i giunti devono essere asciutti e perfettamente puliti (devono essere rimossi tutti i residui dei prodotti di protezione, ad esempio tramite sabbiatura, e quindi il giunto va pulito con aria compressa). Prima dell'installazione del materiale di sigillo i giunti dovranno essere ispezionati dalla Direzione Lavori che ne verificherà la larghezza, l'altezza, la linearità e la pulizia.

Dispositivi di ancoraggio e blocchi terminali

Si procederà, prima dell'inizio delle operazioni di posa in opera della lastra in calcestruzzo, alla effettuazione degli scavi a sezione obbligata, con demolizione degli strati sottostanti necessari per la realizzazione degli ancoraggi. Verranno quindi posizionati i ferri d'armatura e si procederà infine al getto del calcestruzzo fino alla quota indicata nei disegni di progetto curando la predisposizione dei ferri d'attesa e la sagomatura della superficie del getto, in modo da favorire la trasmissione degli sforzi di taglio in corrispondenza di detta superficie di ripresa.

Il calcestruzzo sarà lo stesso della lastra e sarà gettato a mano secondo le sagome e le dimensioni indicate nei disegni di progetto. Al momento della posa in opera dell'armatura corrente e di quella di rinforzo della lastra, si provvederà alla sistemazione dei ferri di collegamento fra ancoraggi e lastra e quindi alla successiva posa in opera del calcestruzzo che sarà effettuata negli spessori indicati nei disegni di progetto. I ferri di armatura degli ancoraggi saranno dello stesso tipo di quelli adoperati per la lastra ad armatura continua.

20.2.8 Autorizzazione per la transitabilità della lastra

Sulla lastra in calcestruzzo ad armatura continua non potrà circolare alcun veicolo prima che siano trascorse almeno 72 ore dall'esecuzione dei getti salvo diversa indicazione del progetto con verifica delle resistenze raggiunte dal calcestruzzo al momento dell'apertura. Tale verifica sarà effettuata su provini confezionati con calcestruzzo prelevato al momento della stesa e maturati all'aperto in condizioni analoghe a quelle della lastra.

L'Impresa dovrà predisporre gli opportuni accorgimenti per evitare che autoveicoli di qualsiasi tipo possano anche accidentalmente transitare sulla lastra prima del termine sopraindicato e comunque dovrà provvedere alla riparazione dei danni arrecati da veicoli che non abbiano rispettato i segnali di divieto.

20.2.9 Controlli

Il controllo della qualità dei materiali impiegati per la costruzione della lastra ad armatura continua e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela sia allo stato fresco che indurito, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Qualità dei materiali

L'ubicazione dei prelievi, e la frequenza delle prove, sono indicati nella **Tabella 10B.4**. Prima dell'impiego l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori i certificati attestanti le caratteristiche di tutti i materiali impiegati.

Ogni prelievo dei materiali impiegati (acqua, cemento, aggregati, aggiunte, additivi) deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive. Le prove di qualificazione degli aggregati per l'accertamento dei requisiti richiesti nel paragrafo 10B.1 delle presenti Norme Tecniche, vanno ripetute ogni qualvolta varierà la loro origine ed in ogni caso con una frequenza non inferiore a 6 mesi. Nel corso della lavorazione va controllata la distribuzione granulometrica di tutte le pezzature di aggregati lapidei utilizzate. Nella curva granulometrica di ciascuna pezzatura sono ammesse differenze delle singole percentuali di passante di:

- ± 5 per l'aggregato grosso;
- ± 3 per l'aggregato fino;

rispetto ai valori considerati nella fase di qualifica delle miscele (paragrafo 10-B.2). Differenze superiori comportano l'arresto dei lavori e lo studio di una nuova composizione per la miscela degli aggregati.

Controlli sul calcestruzzo fresco

I controlli sono effettuati sul calcestruzzo prelevato all'atto della messa in opera (UNI6126). Il prelievo delle miscele allo stato fresco sarà effettuato, su incarico della Direzione Lavori, da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che provvederà all'esecuzione delle prove nei tempi e nei modi previsti dalle norme tecniche adottate.

Fatte salve le tolleranze specificate nel seguito, le caratteristiche delle miscele allo stato fresco dovranno essere conformi alle specifiche di progetto ed ai valori di riferimento fissati nelle fasi di qualifica. In caso di non conformità la Direzione Lavori potrà ordinare l'arresto del cantiere e la riqualifica delle miscele all'impianto di produzione (paragrafo 10A.2).

La verifica della composizione del calcestruzzo è effettuata controllando la distribuzione granulometrica dell'aggregato, il contenuto di cemento ed il rapporto a/c secondo la modalità previste nella Norma UNI 6393. Nella curva granulometrica dell'aggregato combinato sono ammesse differenze delle singole percentuali di passante di:

- ± 5 per l'aggregato grosso;
- ± 3 per l'aggregato fino;

rispetto alla curva di progetto. Per il contenuto di cemento è ammessa una tolleranza del 3% mentre per il rapporto acqua cemento lo scarto massimo ammesso rispetto al valore indicato nella fase di qualifica è di 0.04.

Se è prescritto l'impiego di additivo aerante, sarà determinata la percentuale di aria inclusa, secondo le modalità previste nella Norma UNI 6395.

Dovrà inoltre essere effettuato il controllo della consistenza del calcestruzzo fresco.

Controlli sul calcestruzzo indurito

Sono previste, in aggiunta alle prove di resistenza a compressione relative al controllo di accettazione (D.M. 9/1/96), prove di resistenza a flessione (UNI 6133) su provini confezionati prelevando il calcestruzzo fresco all'atto della posa in opera (UNI 6126) e prove di resistenza a compressione su carote estratte dalla pavimentazione. Tutte le prove di resistenza meccanica saranno effettuate presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il numero dei prelievi da effettuare per il controllo di accettazione della resistenza caratteristica è specificato in progetto, nel rispetto del citato D.M. 9/1/96. Andrà inoltre effettuato almeno un prelievo di campioni cubici per la determinazione della resistenza a compressione contemporaneamente ad ogni prelievo di campioni prismatici per la determinazione della resistenza a flessione.

Saranno effettuati 3 prelievi per la misura della resistenza a flessione; le dimensioni dei provini saranno quelle specificate nella Norma UNI 6130. I prelievi, ciascuno di 2 provini, saranno rappresentativi dell'intera giornata di lavoro.

La Direzione Lavori preciserà di volta in volta, in funzione del metodo di stesa e compattazione adottato, e delle condizioni ambientali in cui si effettuano i getti:

- il metodo di compattazione dei provini;
- le loro condizioni di maturazione;

ed ogni altro elemento che, secondo le citate norme UNI, debba venire scelto al momento delle prove.

Dopo 3 giorni di maturazione sarà effettuata la prova di flessione, sui provini ottenuti dal primo prelievo.

I risultati ottenuti, in relazione ai dati forniti nella relazione di qualifica delle miscele, serviranno a verificare l'efficacia dei sistemi di stagionatura e protezione adottati. In tal senso la Direzione Lavori potrà ordinare il prolungamento della stagionatura protetta.

Dopo 28 giorni di maturazione sarà effettuata la prova di flessione sui provini ottenuti dal secondo e dal terzo prelievo. Sarà quindi calcolato il rapporto (k_f) tra il valore medio della resistenza a flessione (M_R) ed il valore medio della resistenza a compressione (R_c) dei provini cubici prelevati contemporaneamente ($M_R = k_f R_c$).

Se previste in progetto verranno eseguite prove di resistenza al gelo su campioni di calcestruzzo indurito. I provini non dovranno presentare alcun degrado quando sottoposti alla prova eseguita con le modalità di cui alla norma UNI 7087.

Il controllo della qualità del calcestruzzo in opera sarà eseguito sulla lastra finita, a prescindere dall'esito dei controlli di accettazione, e delle altre prove effettuate sul calcestruzzo durante messa in opera. Verrà determinata la resistenza a flessione del calcestruzzo in sito in base al rapporto tra resistenza a flessione e resistenza cubica a compressione ottenuto sui campioni confezionati al momento del getto.

Per l'esecuzione dei controlli è previsto il prelievo di carote dalla pavimentazione finita e la loro rottura a 28 giorni dal getto.

Il prelievo dei campioni, da eseguire in contraddittorio, e la loro conservazione, dovrà avvenire secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6131 e sarà effettuato da Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Ogni prelievo sarà costituito da 3 carote. Il diametro delle carote dovrà essere superiore a 100mm (preferibilmente 150mm) e comunque maggiore di 4 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato impiegato, bisognerà inoltre porre la massima cura nell'evitare la presenza di porzioni di barre di armatura.

La preparazione dei provini (taglio, rettifica, cappaggio) e la loro rottura è eseguita secondo la Norma UNI 6132. La loro altezza dovrà essere compresa tra 1 e 2 volte il diametro della carota (preferibilmente 1.2 volte). Per passare dalla resistenza a compressione misurata sui campioni cilindrici (R_{cil}), alla resistenza cubica a compressione (R_{cc}) del calcestruzzo in opera, si utilizzerà la seguente relazione:

$$R_{cc} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 R_{cil}$$

$$\alpha_1 = \frac{D}{1.5 + \frac{\Phi}{h}}$$

D = 2.5 per carote prelevate orizzontalmente
D = 2.3 per carote prelevate verticalmente

$$\alpha_2 = 1.0 + 1.5 \left(\frac{\Phi_r d}{\Phi_l} \right)$$

(solo in caso di presenza, all'interno della carota, di barre di armatura ortogonali all'asse della carota stessa)

$$\alpha_3 = 1.20$$

(per tenere conto del disturbo arrecato dal prelievo)

Φ : diametro della carota

Φ_r : diametro della barra

h : altezza della carota

l : lunghezza del campione prima del cappaggio

d : distanza dell'asse della barra dall'estremità più vicina della carota

Nel caso in cui siano presenti più barre di armatura, andrà considerata nel calcolo solamente quella che dà il valore più elevato del prodotto ($\Phi_r d$).

Dalla resistenza cubica del calcestruzzo in opera si passerà quindi alla resistenza a flessione in base al valore k_f determinato dalle prove effettuate sui prelievi al momento della posa in opera. Qualora la resistenza a flessione così determinata sia inferiore a quanto previsto negli elaborati di progetto, sui tratti relativi ai prelievi non conformi verrà applicata una penale pari all'80% dell'importo della lastra.

Capacità portante

Sulla pavimentazione finita, il controllo della capacità portante si esegue mediante indagine sul bacino di deflessione o con la stima delle caratteristiche meccaniche dei diversi strati costituenti la sovrastruttura.

La capacità portante della pavimentazione può essere determinata con prove dinamiche tipo FWD, o con sistemi analoghi. Per l'accettazione della sovrastruttura deve verificarsi che i valori di deflessione misurati devono essere uguali o minori di quelli ammessi nel calcolo di progetto in relazione alla vita utile prevista per la pavimentazione.

La media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km) deve essere confrontata con il valore previsto in progetto. Per risultati superiori fino al 10% alla pavimentazione (tutti gli strati) viene applicata una detrazione del 10% del prezzo; per risultati superiori compresi tra il 10% e il 15% viene applicata una penale del 20% per tutto il tratto omogeneo. Per misure di deflessione superiori al 20% del valore ammissibile di progetto, la pavimentazione deve essere demolita e rifatta a spese dell'Impresa. Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

Spessore

Lo spessore della pavimentazione viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Sarà possibile in alternativa misurare lo spessore con apparecchiature automatiche i cui rilevamenti siano stati precedentemente tarati utilizzando le carote estratte.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco, per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto la pavimentazione sarà demolita e ricostruita a spese dell'Impresa.

Regolarità

Il controllo della regolarità riguarderà sia il profilo trasversale che quello longitudinale.

La superficie della pavimentazione sarà controllata in ogni direzione, per mezzo di un regolo rigido di 4 m di lunghezza, entro 24 ore dalla stesa del calcestruzzo.

In caso di irregolarità comprese tra i 6 ed i 13 mm è richiesta la loro eliminazione mediante molatura, se superano i 13 mm la pavimentazione, per il tratto interessato dall'irregolarità sarà demolita e ricostruita a spese dell'Impresa.

Il controllo della regolarità del profilo longitudinale sarà effettuato mediante la rilevazione del profilo longitudinale della pavimentazione, secondo la norma ASTM E950 ed il successivo calcolo dell'indice IRI. Le apparecchiature utilizzate dovranno essere di classe 1 e dovranno effettuare il rilievo con un intervallo di campionamento inferiore a 30 cm.

Le misure del profilo longitudinale interesseranno almeno una corsia e dovranno essere eseguite in un periodo di compreso tra 3° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico. L'indice IRI è calcolato impiegando l'algoritmo riportato dalla Norma ASTM E1926.

Per i tratti rilevati dovranno essere costruiti dei profili di regolarità (riportando i valori di IRI in funzione della posizione) utilizzando una base di riferimento della lunghezza di 20m. In questi profili il valore dell'IRI non dovrà essere superiore a 1.5 m/km.

Per i tratti in cui il valore dell'IRI sia compreso tra 1.5 e 2 m/km verrà applicata una penale del 20% sulla lunghezza del tratto. Nel caso in cui il valore superi i 2 m/km verrà applicata una penale del 50%.

Aderenza

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) della pavimentazione misurato con l'apparecchiatura SCRM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0.60. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo⁴, deve essere superiore o uguale a 0.4 mm. Le misure di macrorugosità eseguite con altri metodi andranno riferite ad HS con opportune correlazioni.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con "mini texture meter"), sia inferiore ai valori prescritti, la lastra in calcestruzzo verrà penalizzata del 5% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0.40 e 0.25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo strato. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 10% del prezzo della lastra.

Tabella 10B.4

LASTRA IN CALCESTRUZZO AD ARMATURA CONTINUA			
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE MISURA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato	Impianto	Iniziale quindi ogni 12 mesi	Riferimento Par. 10-B.1
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-B.1
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-B.1
Additivi	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-B.1
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-B.1
Aggregato	Impianto	Settimanale oppure ogni 5000 m ² di stesa	Granulometria
Calcestruzzo fresco	Cantiere	Giornaliera	Composizione Contenuto d'aria Consistenza
Calcestruzzo Indurito	Cantiere	Giornaliera	Resistenze meccaniche di progetto
Calcestruzzo Indurito	Cantiere	Giornaliera	Resistenza al gelo (*)
Carote per resistenze	Pavimentazione	Giornaliera oppure ogni 1000 m ² di stesa	Resistenze meccaniche di progetto
Carote per spessori	Pavimentazione	Giornaliera oppure ogni 1000 m ² di stesa	Spessori di progetto
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di stesa	Bacino di deflessione uguale o minore di quello ammesso in progetto
Pavimentazione	Pavimentazione	Tutta la pavimentazione	Irregolarità < 6mm
Pavimentazione	Pavimentazione	Misura in continuo con base di misura di 20m	IRI < 3 m/km
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	CAT≥0,60(media su 50m) BPN ≥ 60 (ogni 50 m)
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,4 mm (media su 50 m)
(*) Se prescritta in progetto			

21 COSTRUZIONI STRADALI – PAVIMENTAZIONI CON MASSELLI, CUBETTI E LASTRE - CORDOLI

21.1 Campo di applicazione

- Le presenti DTC "Costruzioni stradali - Pavimentazioni con masselli, cubetti e lastre - Cordoli", valgono per la pavimentazione di strade di ogni genere, piazze, cortili, terrazze e simili, banchine e massicciate per linee ferroviarie con masselli, mattonelle, cubetti e lastre nonché per la realizzazione di contorni e cunette di scarico.
- Le DTC "Costruzioni stradali - Pavimentazioni con masselli, cubetti e lastre - Cordoli" non si applicano per pavimentazioni con masselli, cubetti e lastre, posate direttamente, senza interposizione di uno strato drenante e portante, su costruzioni.
- A titolo integrativo sono applicabili le DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punti da 1.1 a 1.5. In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni specifiche delle presenti DTC.

21.2 Materiali, elementi costruttivi

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto 2 vale quanto segue:

Per i principali materiali ed elementi costruttivi normalizzati di più comune utilizzo vengono citate in particolare le seguenti norme tecniche di riferimento.

21.2.1 Masselli e lastre di calcestruzzo

- UNI EN 1338 Masselli di calcestruzzo per pavimentazione - Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 1339 Lastre di calcestruzzo per pavimentazione - Requisiti e metodi di prova
Per le lastre che per le dimensioni non possono essere considerate masselli ai sensi della norma UNI EN 1338, vale la norma UNI EN 1339.
- I masselli e le lastre posate su un'unica superficie, devono avere lo stesso spessore.

21.2.2 Mattonelle e lastre per pavimentazioni di materiali ceramici

- UNI EN 1344 Elementi per pavimentazione di laterizio - Requisiti e metodi di prova

21.2.3 Cubetti e lastre di pietra naturale

- UNI EN 1341 Lastre di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova;
- UNI EN 1342 Cubetti di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova;
- UNI EN 12058 Prodotti di pietra naturale - Lastre per pavimentazioni e per scale – Requisiti
- 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 14157 Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza all'abrasione

21.2.4 Cordoli e bordi di calcestruzzo

- UNI EN 1340 Cordoli di calcestruzzo - Requisiti e metodi di prova Cordoli di larghezza inferiore a 8 cm devono avere una resistenza media a tensoflessione pari a 5 N/mm^2 ; per i restanti requisiti essi devono rispondere alla norma UNI EN 1340.

21.2.5 Cordoli di pietra naturale

UNI EN 1343 Cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova

21.2.6 Cunette e canalette di calcestruzzo

UNI EN 1340 Cordoli di calcestruzzo - Requisiti e metodi di prova

La resistenza media a tensoflessione deve essere pari a 6 N/mm^2 , la resistenza media a compressione del cubetto ritagliato con la sega non deve essere inferiore a 50 N/mm^2 .

21.2.7 Altri prodotti di calcestruzzo per la pavimentazioni

Per elementi in cemento armato:

- Legge 5 novembre 1971, N. 1086 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni
- D.M. Infrastrutture e trasporti 31 Luglio 2012 Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
- UNI EN 1992-1-1 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità. I prodotti di calcestruzzo direttamente esposti all'azione del traffico, devono avere una resistenza media a compressione di almeno 50 N/mm^2 (alla verifica di 3 provini il valore minimo deve essere pari a 45 N/mm^2) oppure una resistenza media a tensoflessione di 6 N/mm^2 , con valore minimo 5 N/mm^2 .

21.2.8 Canalette di drenaggio

- UNI EN 1433 Canalette di drenaggio per aree soggette al passaggio di veicoli e pedoni - Classificazione, requisiti di progettazione e di prova, marcatura e valutazione di conformità.

21.2.9 Materiale per il letto di posa

La sabbia, la ghiaia, la sabbia da frantoio ed il pietrisco devono rispondere alla norma UNI EN 12620 „Aggregati per calcestruzzo“. Altre sabbie, sabbie ghiaiose, sabbie da frantoio e pietrischi adatti possono essere impiegati se il contenuto in peso delle parti dilavabili non supera il 5%.

Materiali con granulometria idonea sono sabbia 0/2 mm o 0/4 mm, pietrisco 1/3 mm o 2/5 mm o miscele di sabbia da frantoio e pietrisco con granulometria del fuso 0/5 mm.

Per pavimentazioni permeabili va impiegato pietrisco (per esempio 1/3 mm o 2/5 mm), coordinato con il materiale di riempimento delle fughe ai sensi del punto 2.10.

Le malte cementizie devono avere i requisiti del gruppo di malte M2 (dosaggio 1:4) secondo D.M. del 20.11.1987. Con strati di base non legati, il dosaggio è pari a 1:8, per le malte di calce è prescritto un dosaggio 1:8. Il dosaggio viene misurato in parti di volume.

21.2.10 Materiale di riempimento delle fughe

Per intasare le fughe con materiali non legati, si dovrà impiegare sabbia, sabbia ghiaiosa, sabbia da frantoio o pietrisco. Materiali con granulometria idonea sono sabbia 0/2 mm o 0/4 mm, pietrisco 1/3 mm o 2/5 mm o miscele di sabbia da frantoio pietrisco 0/5 mm. Per pavimentazioni permeabili va impiegato pietrisco (per esempio 1/3 mm o 2/5 mm) adatto per la larghezza delle fughe e per il materiale del letto di posa.

Boiacche e malte cementizio da colare devono contenere almeno 600 kg/m³ di cemento, malte cementizie di altro tipo vanno confezionate con un dosaggio di 1:4.

Malte di calce devono essere confezionate con dosaggi da 1:3 a 1:4,5. Il dosaggio viene misurato in parti in volume.

21.2.11 Leganti

- UNI EN 197-1 Cemento - Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni.
- UNI EN 459-1 Calci da costruzione - Definizioni, specifiche e criteri di conformità
- UNI EN 15529 Derivati dalla pirolisi del carbone - Terminologia

21.2.12 Calcestruzzo

- Legge 5 novembre 1971, N. 1086 Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni
- D.M. Infrastrutture e trasporti 31 Luglio 2012 Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
- UNI EN 1992-1-1 Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 206-1 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI EN 1433 Canalette di drenaggio per aree soggette al passaggio di veicoli e pedoni - Classificazione, requisiti di progettazione e di prova, marcatura e valutazione di conformità
- UNI EN 12058 Prodotti di pietra naturale - Lastre per pavimentazioni e per scale - Requisiti.
- UNI EN 12390-3 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini
- UNI EN 13198 Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Prodotti per l'arredo urbano e da giardino
- UNI EN 13748-1 Piastrelle di graniglia - Parte 1: Piastrelle di graniglia per uso interno
- UNI EN 13748-2 Piastrelle di graniglia - Parte 2: Piastrelle di graniglia per uso esterno

21.2.13 Altro

Per superfici non raggiungibili per motoveicoli, possono essere impiegati per la realizzazione del letto di posa e per il riempimento delle fughe miscele di aggregati con granulometria nei fusi 0/2 mm, 1/3 mm o 2/5 mm.

21.3 Esecuzione

A completamento di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto 3, vale quanto segue:

21.3.1 Generalità

- La scelta delle procedure operative, dello svolgimento dei lavori nonché del tipo e dell'impiego dei mezzi d'opera spetta all'Appaltatore.
- In presenza di condizioni atmosferiche non adatte, ad esempio con gelo, devono essere dovranno essere concordate con il Committente idonee misure particolari. Le prestazioni per mettere in opera tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 12.4.2.1).
- Le costruzioni a rischio di danneggiamento vanno protette a regola d'arte. Per le misure di protezione e di sicurezza vanno osservate le prescrizioni impartite dai proprietari o da altri soggetti legittimati. Tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 12.4.2.1).
- Qualora vengono rinvenuti ostacoli imprevisi, per esempio condotte, cavi, drenaggi, canali, capisaldi, residui o parti di costruzioni, l'appaltatore ne informerà immediatamente il Committente. Le prestazioni per mettere in atto le misure occorrenti costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 12.4.2.1).
- Qualora si debba presumere che gli ostacoli siano costituiti da ordigni bellici, i lavori dovranno essere immediatamente sospesi ed essere informati le autorità competenti ed il Committente.
- L'Appaltatore dovrà eseguire tutte le misure di sicurezza e di protezione. Le prestazioni per mettere in atto tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 12.4.2.1).
- Alberi, piantagioni e superfici coperte da vegetazione esposti a pericolo di danneggiamento vanno adeguatamente protetti. Valgono le prescrizioni delle leggi vigenti in materia di tutela del paesaggio. Le prestazioni per mettere in atto le misure occorrenti costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 12.4.2.1).
- Nel corso delle proprie verifiche del piano d'appoggio, l'Appaltatore dovrà formulare le proprie obiezioni, in particolare nei seguenti casi:
 - portanza del sottofondo evidentemente insufficiente,
 - scostamenti dalla quota, dalla pendenza o dalla planarità previste nel progetto,
 - sporcizia o inquinamenti dannosi,
 - mancanza dei necessari dispositivi di drenaggio e di evacuazione delle acque.
- Superfici adiacenti vanno pavimentate con cubetti o masselli dello stesso spessore nominale. La stessa prescrizione vale per lastre e combinazioni di cubetti o masselli con lastre. In superfici accessibili a veicoli non sono ammessi disegni di posa con fughe continue nella direzione del traffico.
- Il materiale del letto di posa deve essere stabile ad infiltrazioni dal sottofondo.
- In corrispondenza di raccordi cubetti, masselli o lastre ritagliati non potranno essere reimpiegati, se la loro lunghezza minore non corrisponde almeno alla metà di quella maggiore dei cubetti, masselli o lastre non ritagliati.
- La curva granulometrica del materiale di riempimento delle fughe deve essere adattata all'utilizzo e alla larghezza delle fughe. Il materiale di riempimento delle fughe deve essere stabile ad infiltrazioni dal letto di posa.

21.3.2 Posizione, tolleranze, giunti di dilatazione

- Le pavimentazioni con masselli, cubetti e lastre vanno eseguite alle quote prescritte e con il profilo longitudinale e trasversale concordato. Gli scostamenti della superficie dalla quota teorica in nessun punto devono essere superiori a 3 mm.

- Contorni con cordoli o altri manufatti vanno perfettamente allineati in profilo ed in pianta. Gli scostamenti delle superfici in vista dalla quota ovvero dalla distanza dall'asse di riferimento prescritte, in nessun punto potranno essere maggiori di 3 mm; scostamenti maggiori non sono ammissibili se non qualora risultino opportune per evitare notevoli sfridi e qualora siano espressamente state concordati con il Committente prima dell'inizio dei lavori.
- Scostamenti dall'allineamento nel piano della faccia superiore e della faccia anteriore, sono ammessi nei limiti di 2 mm in corrispondenza dei giunti tra i cordoli e di altri manufatti con superficie liscia, e di 5 mm per cordoli ed le altri manufatti con notevole scabrosità.
- Per pavimentazioni di pietre artificiali, di lastre e pavimentazioni con cubetti a mosaico sono ammissibili scostamenti di planarità dal livello prescritto nei limiti della tolleranza di 1 cm rilevata su una lunghezza di misura di 4 m, per le altre pavimentazioni in pietra naturale vale una tolleranza di 2 cm.
- Non sono ammessi salti di livello in corrispondenza delle fughe di pavimentazioni con masselli, cubetti e lastre. Per raccordi con manufatti disposti alla stessa quota non sono ammessi salti di livello maggiori di 2 mm per materiali con superficie liscia e di 5 mm per quelli con superficie di notevole scabrosità.
- Lungo contorni ed elementi incorporati, i bordi della pavimentazione devono essere più alti di 3 mm fino a 5 mm rispetto alla superficie di tali elementi, lungo canalette e scarichi i bordi devono essere più alti di 3 mm fino a 10 mm rispetto ai bordi della canaletta.
- Le pavimentazioni devono essere eseguite con le seguenti pendenze trasversali:
 - per pavimentazioni di pietra naturale: 3,0%
 - per pavimentazioni di calcestruzzo, conglomerati di scorie o materiali ceramici: 2,5%,
 - per pavimentazioni con lastre: 2,0%,
- Non sono ammessi scostamenti maggiori dello 0,4%.
- Canalette e cunette vanno posate con una pendenza longitudinale del fondo pari a 0,5%.
- I giunti di dilatazione nei selciati e nelle pavimentazioni con lastre posate su letto di malta, dovranno essere inseriti ad un interasse non maggiore di 8 m. Inoltre vanno predisposti giunti di dilatazione in corrispondenza dei giunti degli strati di base di calcestruzzo o dei manufatti e sui raccordi con i manufatti.
- Per le canalette e le cunette di cui ai punti 12.3.7.2 e 12.3.8, i giunti di dilatazione vanno disposti con un interasse non superiore a 15 m.

21.3.3 Pavimentazioni con elementi di calcestruzzo

21.3.3.1 Letto di posa

Prima della posa degli elementi va predisposto un letto di posa con materiale conforme al punto 2.9, profilato a livelletta. Il letto compattato avrà uno spessore di 4 a 5 cm.

21.3.3.2 Posa in opera

Gli elementi della pavimentazione vanno posati sul letto già predisposto, partendo dalle superfici già finite, e disposti uniformemente su file con fughe di larghezza sufficiente di 3 a 5 mm in funzione della dimensione dei moduli. Se le fughe del selciato vengono sigillate, esse dovranno essere larghe almeno 8 mm. Le fughe devono avere in asse un andamento uniforme.

La superficie della pavimentazione dopo la sigillatura delle fughe va pulita e successivamente compattata uniformemente mediante vibrazione fino al raggiungimento della stabilità richiesta.

21.3.3.3 Sigillatura delle fughe

Le fughe tra gli elementi vanno chiusi con materiale di riempimento secondo il punto 12.2.10.

L'intasamento con materiale non legato dovrà avvenire mediante scopatura intensa oppure con abbondante irroramento con acqua. L'intasamento delle fughe dovrà seguire l'avanzamento della posa senza interruzione di continuità. Dopo la compattazione mediante vibrazione, l'intasamento dovrà essere ripetuto.

21.3.4 Pavimentazione di materiali ceramici

21.3.4.1 Letto di posa

Prima della posa degli elementi va predisposto un letto posa con materiale conforme al punto 12.2.9, profilato a livelletta. Il letto compattato avrà uno spessore di 4 a 5 cm.

21.3.4.2 Posa e messa in opera

Gli elementi della pavimentazione vanno posati in piano sul letto di posa, partendo dalle superfici già finite. Le fughe devono avere in asse un andamento uniforme. Le fughe dovranno essere larghe almeno 3 mm, quelle da sigillare dovranno essere larghe almeno 8 mm.

La superficie della pavimentazione dopo la sigillatura va compattata mediante vibrazione uniformemente fino al raggiungimento della stabilità richiesta.

21.3.4.3 Sigillatura dei giunti

Le fughe tra gli elementi vanno chiusi con materiale di riempimento secondo il punto 12.2.10.

L'intasamento con materiale non legato dovrà avvenire mediante scopatura intensa oppure con abbondante irroramento con acqua. L'intasamento delle fughe dovrà seguire l'avanzamento della posa senza interruzione di continuità. Dopo la compattazione mediante vibrazione, l'intasamento dovrà essere ripetuto.

Se le fughe della pavimentazione vengono sigillate, dopo la completa compattazione mediante vibrazione, esse dovranno essere raschiate e pulite con getto d'aria fino ad una profondità di almeno 3 cm, eventualmente asciugate e riempite a raso con sigillanti; se necessario, la sigillatura va completata in un secondo tempo. Nel caso di sigillature con malta, la superficie va mantenuta umida per un lasso di tempo sufficientemente lungo.

21.3.5 Pavimentazione in pietra naturale

21.3.5.1 Letto di posa

Prima della posa degli elementi va predisposto un letto di posa con materiale secondo il punto 12.2.9, profilato a livelletta. Lo spessore del letto costipato e vibrato deve risultare di 4-6 cm per cubetti di pezzatura grande e di 4-6 cm per cubetti a mosaico o di pezzatura piccola.

21.3.5.2 Posa in opera

I cubetti vanno posati a disegno sul letto di posa e battuti con la martellina. Cubetti di pezzatura grande vanno posati in file. Le fughe, misurate alla testa dei cubetti, non devono essere più larghe di 15 mm; le superfici non potranno essere suddivise con giunti; lungo ogni fila vanno impiegati, per quanto possibile, cubetti di larghezza costante. I cubetti di pezzatura piccola o a mosaico vanno posati con fughe strette ad

archi contrastanti. Le fughe, misurate alla testa dei cubetti, non devono essere più larghe di 10 mm per cubetti di pezzatura piccola e di 6 mm per quelli a mosaico; le superfici non potranno essere suddivise con giunti.

Se le fughe del selciato vengono sigillate, le fughe dovranno essere larghe almeno 8 mm. Le fughe devono avere in asse un andamento uniforme. La superficie della pavimentazione dopo la sigillatura delle fughe va pulita e successivamente va compattata mediante vibrazione in maniera uniforme fino al raggiungimento della stabilità richiesta.

21.3.5.3 Sigillatura dei giunti

Le fughe tra gli elementi vanno chiusi con materiale di riempimento secondo il punto 12.2.10. Le fughe tra un elemento e l'altro non dovranno essere più larghe di 1 cm. L'intasamento con materiale non legato dovrà avvenire mediante scopatura intensa oppure con abbondante irroramento con acqua. L'intasamento delle fughe dovrà procedere con l'avanzamento della posa senza interruzione di continuità. Dopo la compattazione mediante vibrazione, l'intasamento dovrà essere ripetuto.

Se le fughe vengono sigillate, dopo la completa compattazione mediante vibrazione, esse dovranno essere raschiate e pulite con getto d'aria fino ad una profondità di almeno 3 cm, eventualmente asciugate e riempite a raso con sigillanti; se necessario, la sigillatura va completata in un secondo tempo. Nel caso di sigillature con malta, la superficie va mantenuta umida per un lasso di tempo sufficientemente lungo.

21.3.6 Pavimentazioni con lastre

21.3.6.1 Letto di posa

Prima della posa degli elementi va predisposto un letto di posa con materiale conforme al punto 12.2.9, profilato a livelletta. Il letto compattato avrà uno spessore di 4 a 5 cm.

21.3.6.2 Posa in opera

Le lastre vanno posate sul letto di posa, disposte a disegno con giunti sfalsati, in parallelo al cordolo o a un altro filo predeterminato, senza dislivelli lungo le fughe di larghezza di 3 a 5 mm, in funzione della misura dei moduli di posa. Le lastre posate devono poggiare su tutta la superficie sul letto costipato uniformemente. Se le fughe vengono intasate o sigillate a mano, esse devono essere larghe almeno 8 mm.

Le fughe devono avere in asse un andamento uniforme. Tagli delle lastre sono ammissibili soltanto quando la superficie da rivestire sia solo leggermente più piccola della lastra.

21.3.6.3 Sigillatura dei giunti

Le fughe tra gli elementi vanno chiusi con materiale di riempimento secondo il punto 12.2.10. L'intasamento con materiale non legato dovrà avvenire mediante scopatura intensa oppure con abbondante irroramento con acqua. L'intasamento delle fughe dovrà procedere con l'avanzamento della posa senza interruzione di continuità. Qualora la sigillatura viene eseguita con malta, la superficie va mantenuta umida per un lasso di tempo sufficientemente lungo.

21.3.7 Cordoli e bordi

21.3.7.1 Elementi per cordoli e bordi

Elementi per cordoli e bordi secondo i punti 2.4 e 2.5 vanno posati su una fondazione con spessore minimo 20 cm con un rinfiando di calcestruzzo C 12/15 secondo le indicazioni del punto 12.2.12. I cordoli ed il rinfiando vanno posati sul cordolo di fondazione prima della presa.

Il rinfiando deve avere uno spessore di 10 cm costante su tutta l'altezza. Lo spigolo superiore del rinfiando è da finire in quota in funzione dello spessore della pavimentazione adiacente. La superficie superiore del rinfiando deve essere leggermente inclinata verso l'esterno.

La larghezza della fondazione è data dalla larghezza del cordolo o del bordo impiegati, maggiorata di quella del rinfiando ed eventualmente di quella della cunetta.

I cordoli ed i bordi di calcestruzzo vanno posati con giunti larghi circa 5 mm, che non devono essere sigillati. In corrispondenza di ribassamenti dei cordoli, vanno inseriti pezzi speciali con raccordo regolare del dislivello tra le facce superiori. Curve con raggio non superiore a 12 m devono venire realizzate con elementi curvi. Per curve con raggio superiore a 12 m possono essere impiegati anche elementi dritti di lunghezza non inferiore a 50 cm.

21.3.7.2 Bordi e contorni di altro tipo

Cunette lastricate o bordi realizzati con elementi conformi alle norme UNI EN 1338 ed UNI EN 1342 nonché con cunette concave e cordoli in calcestruzzo secondo il punto 12.2.6, vanno posati su di una fondazione in calcestruzzo C 12/15 come indicato al punto 12.2.12. Se le cunette, i bordi o i cordoli vengono posati con un rinfiando di calcestruzzo C 12/15 secondo il punto 12.2.12, questo deve avere uno spessore su tutta l'altezza di 10 cm.

Lo spigolo superiore del rinfiando è da finire in quota in funzione dello spessore della pavimentazione adiacente. La superficie superiore del rinfiando deve essere leggermente inclinata verso l'esterno.

21.3.8 Canalette di scarico

I pezzi speciali per realizzare canalette di scarico per acque affluenti in superficie secondo la norma UNI EN 1433, devono essere posati e perfettamente allineati in profilo ed in pianta prima della posa della pavimentazione, come parti integranti della stessa, su una fondazione di calcestruzzo C 12/15 secondo le indicazioni del punto 12.2.12.

21.4 Prestazioni accessorie, prestazioni particolari

21.4.1 Prestazioni accessorie

Prestazioni accessorie, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia, sono in particolare:

- Verifica della condizione delle strade, della superficie del terreno, dei collettori e simili.
- Predisposizione di accessi pedonali e veicolari provvisori e simili, fatta eccezione per le prestazioni secondo il punto 12.4.2.10.
- Reperimento ed ispezione di infrastrutture esistenti.
- Verifiche e prove compresa la campionatura, con tutte le prestazioni connesse.

21.4.2 Prestazioni particolari

Prestazioni particolari, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto "n cap".4.2, sono per esempio:

- Prestazioni di cui ai punti "n cap".3.1.2, "n cap".3.1.3, "n cap".3.1.4 e "n cap".3.1.5.
- Preparazione del sottofondo, per esempio compattazione supplementare, profilatura secondo le quote di progetto, rimozione di sporcizia dannosa, qualora le circostanze non siano imputabili all'Appaltatore.
- Rifilatura e taglio di lastre, masselli, cordoli, pezzi ed elementi speciali e pezzi di raccordo, per esempio lungo raccordi, in corrispondenza di elementi incorporati e di superfici non pavimentate.
- Cernita, carico, asporto e scarico di materiali o elementi rimossi, di materiali di rifiuto non prodotti dall'Appaltatore e di pietre e lastre di scarto fornite dal Committente.
- Maggiori oneri per la realizzazione di pavimentazioni con lastre ad arco o secondo disegni particolari.
- Maggiori oneri per la realizzazione di pavimentazioni con cubetti o masselli secondo disegni particolari o in combinazione con lastre.
- Chiusura di campiture isolate nonché posa di inserti di ogni genere.
- Sgombero della neve ed irruvidimento delle superfici per la salvaguardia del traffico durante i periodi di gelo.
- Predisposizione, messa a disposizione e smontaggio di barriere e di pavimentazioni per la salvaguardia del traffico pubblico e locale, in particolare a seguito di prescrizioni delle autorità competenti.
- Realizzazione di superfici campione.
- Installazione, messa a disposizione, esercizio e rimozione di impianti semaforici di cantiere.

21.5 Contabilizzazione

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

- Per le pavimentazioni la quantità minima di contabilizzazione viene fissata pari a 0,5 m².
- Per la rimozione di sigillanti o di letti di posa di pavimentazioni con cubetti e lastre rimosse si considererà la misura in sito della superficie demolita.
- Per compensare la lavorazione o il taglio di lastre e cubetti lungo gli spigoli ed i bordi si terrà conto della lunghezza del giunto tra la pavimentazione e le superfici, gli elementi costruttivi ed i bordi adiacenti.
- L'intasamento e la sigillatura delle fughe di pavimentazioni con cubetti e lastre vengono contabilizzati con la superficie della pavimentazione.
- La lunghezza dei contorni viene misurata lungo il filo anteriore dei cordoli o dei bordi. La stessa prescrizione vale anche per la contabilizzazione di fondazioni con o senza rinfiando da compensare a lunghezza.
- La rifilatura dello spigolo in vista, la sistemazione o la rettifica di uno smusso esistente o delle facce superiori di cordoli vengono contabilizzate tenendo conto della lunghezza degli elementi lavorati.
- Non verranno portati in detrazione:

- le fughe di bordo tra la pavimentazione con cubetti o lastre ed il contorno, realizzato per esempio con cordoli o profili metallici.
- le fughe all'interno delle pavimentazioni con cubetti e lastre e le fughe tra i cordoli o gli elementi di bordo,
- profili o guide metallici, se ambedue i lati sono posate pavimentazioni dello stesso tipo,
- campiture isolate non pavimentate comprese o rientranti nella pavimentazione ovvero elementi incorporati o emergenti, con superficie singola non superiore a 1 m², per esempio chiusini, cappellotti, pali, gradini.
- Per canalette di scarico e bordi da contabilizzare a lunghezza (m), vengono detratti elementi incorporati o interruzioni con lunghezza singola minore di 1 m.

22 CHIUSINI E CADITOIE

22.1 Campo di applicazione

Le presenti DTC "Chiusini e caditoie" si applicano alla realizzazione di opere di urbanizzazioni ed opere infrastrutturali a rete.

22.2 Chiusini (griglie e caditoie) per pozzetti di ogni tipo

Saranno costituiti in ghisa sferoidale e dotati di controtelaio.

Le caratteristiche (e la posa) di ogni tipo di chiusino (griglia e caditoia) dovranno essere conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 124.

In particolare si prescrive che ogni chiusino (griglia o caditoia) localizzato sulla carreggiata stradale debba essere conforme alla classe D400 (resistenza > 40.000 da N) e che ogni chiusino (griglia o caditoia) localizzata sui marciapiedi o sulla piazza debba essere conforme alla classe C250 (resistenza > 25.000 da N).

Qualora, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, fosse sconveniente l'utilizzo di tali manufatti, si impiegheranno vaschette in acciaio zincato dotate di nervature di rinforzo e di controtelaio da fissare al pozzetto, idonei al contenimento delle pavimentazioni previste.

22.3 Caditoie stradali

Potranno essere, in rapporto alla installazione prescritta, sia a caduta verticale che a bocca di lupo; entrambi nel tipo prefabbricato o realizzato in opera, con o senza sifone e con eventuale raccolta dei fanghi attuata a mezzo di appositi cestelli in lamiera di acciaio zincata e tramoggia di convogliamento.

I pozzetti realizzati in opera saranno di norma costruiti in conglomerato cementizio dosato a 300 kg/m³, idoneamente armato, ed avranno spessore delle pareti non inferiore ad 8 cm. I pozzetti a caduta verticale avranno dimensioni interne non inferiori a 30x60x70 cm se sifonati. Questi ultimi dovranno essere completi di setto di divisione (di spessore non inferiore a 3 cm) o di altro tipo idoneo di intercettore (preferibilmente in ghisa ed ispezionabile), di elemento in conglomerato cementizio armato per la copertura della camera sifonata e di griglia con telaio.

I pozzetti a bocca di lupo avranno dimensioni minime trasversali uguali a quelle precedentemente riportate, altezza non inferiore a 90 cm, e dovranno essere completi degli elementi di cui in precedenza, dove però la griglia sarà sostituita da idoneo chiusino.

Tutti i pozzetti dovranno comunque poggiare sopra un massetto di conglomerato cementizio di spessore non inferiore a 10 cm.

Le griglie potranno avere, in rapporto alle prescrizioni, la superficie superiore sagomata ad inginocchiatoio (ossia piatta e con una leggera pendenza verso il cordolo del marciapiede), ovvero concava (secondo la sagoma della cunetta stradale) con sbarre trasversali oppure parallele nella direzione della carreggiata. Nel caso di sbarre trasversali la distanza massima tra le stesse non dovrà essere superiore a 25 mm per le classi A15 e B125 di cui alla Tab. III-33 della UNI EN 124 ed a 42 mm per le altre classi.

In tutti i casi la luce netta delle griglie dovrà essere non inferiore a 125 cm² (per pendenza della carreggiata fino al 5%) e convenientemente superiore per maggiori pendenze.

Gli eventuali cestelli per la selezione e raccolta dei detriti solidi dovranno essere realizzati in lamiera di acciaio zincata, con fondo pieno e parete forata, uniti mediante chiodatura, saldatura, ecc.. Saranno di facile sollevamento e poggeranno di norma su appositi risalti ricavati nelle pareti dei pozzetti.

22.4 Caratteristiche generali di chiusini per pozzetti d'ispezione ecaditoie

Di seguito sono elencate le principali caratteristiche che gli elementi devono possedere.

Materiali e forme

- Per la copertura delle botole di accesso alle camerette, verranno adottati chiusini in sola ghisa grigia o in ghisa grigia unita a calcestruzzo oppure in ghisa sferoidale, a seconda di quanto verrà disposto di volta in volta dalla Direzione Lavori.
- La ghisa dovrà essere di seconda fusione a grana fine, compatta, omogenea, esente da bolle, gocce fredde ed altri difetti di fusione.
- Dovrà essere facile a lavorarsi con la lima e con lo scalpello e ricalcabile in modo che sotto il peso del martello si ammacchi senza scheggiarsi.
- I telai dei chiusini saranno di forma rotonda, con diametro del tutto rispondenti agli elaborati grafici consegnati.

Caratteristiche costruttive

- Le superfici di appoggio fra telaio e coperchio debbono essere lisce e sagomate in modo da consentire una perfetta aderenza ad evitare che si verifichino traballamenti. La Direzione Lavori potrà tuttavia prescrivere l'adozione di speciali anelli in gomma da applicarsi ai chiusini.
- La sede del telaio e l'altezza del coperchio dovranno essere calibrate in modo che i due elementi vengano a trovarsi sullo stesso piano e non resti tra loro gioco alcuno.

Carico di prova

- Normalmente, salvo casi particolari individuati e indicati dalla Direzione Lavori, i chiusini dovranno corrispondere, in relazione alle condizioni di impiego, al tipo indicato nello schema sotto riportato ed essere garantiti al carico di prova ivi previsto:

Luogo di utilizzo	Classe	Carico di prova (t)
Per strade sottoposte a carichi particolarmente intensi (strade statali, provinciali e comunali; piazzali e aree di manovra logistica e stabilimenti industriali)	D400	40
Per banchine, cunette e parcheggi	C250	25
Per marciapiedi e zone pedonali (soggette eccezionalmente a carichi veicolari)	B125	12,5

- Le modalità di esecuzione delle prove dovranno essere quelle previste dalla norma UNI EN UNI ISO 2901:1978.

I chiusini, e le botole, saranno posati sia su pozzetti o camerette di nuova costruzione sia su manufatti esistenti.

Sia durante il ripristino, che nelle riprese e nella formazione del manto di usura, i chiusini stradali e le botole dovranno essere livellati con il piano della viabilità.

La posa in opera di chiusini in ghisa dovrà essere eseguita a regola d'arte; la superficie di appoggio dovrà essere convenientemente pulita ed inumidita con acqua, ed il telaio dovrà posare su un letto di malta di cemento adeguatamente rinalzato su tutto il perimetro. Il definitivo bloccaggio dovrà essere eseguito con il ripristino della pavimentazione esistente ed, a lavoro finito, la parte superiore del chiusino dovrà

trovarsi a perfetto piano con la pavimentazione stradale. I chiusini non potranno essere sottoposti a traffico prima che siano trascorse 24 ore dalla posa.

La posa in opera verrà contabilizzata in base al numero degli elementi effettivamente posati. Il prezzo in elenco comprende tutte le lavorazioni e forniture prescritte, con la sola esclusione della fornitura del chiusino.

L'intervento di riassetto per la messa in quota di chiusino comprende:

- la demolizione della pavimentazione lungo i bordi;
- la realizzazione degli scavi per il posizionamento in quota;
- il bloccaggio con malta di cemento;
- il trasporto del materiale di risulta alle discariche autorizzate;
- le difese dell'area di lavoro e la segnaletica stradale;
- il ripristino della pavimentazione;
- i materiali occorrenti.

23 COLLETTORI DI FOGNATURA E CONNESSIONI DI SCARICO

23.1 Campo di applicazione

Le presenti DTC "Collettori di fognatura e connessioni di scarico" si applicano alla realizzazione di condotti di scarico chiusi e per collettori interrati di smaltimento delle acque, anche sottostanti a edifici, compresi i rispettivi pozzetti.

Le presenti DTC non si applicano a:

- a) lavori in terra da eseguire in concomitanza con la costruzione di canali, condotte e pozzetti di scarico (vedi DTC "Lavori in terra");
- b) opere di stabilizzazione delle pareti degli scavi (vedi DTC "Opere di sostegno di scavi");
- c) lavori su condotte in pressione (vedi DTC "Condotte in pressione interrate e fuori terra");
- d) posa di condotte mediante spingi tubo;
- e) opere di calcestruzzo armato gettate in opera (vedi DTC "Opere in calcestruzzo");
- f) esecuzione di condotte posate in guaine o canali per condotte.

A titolo integrativo sono applicabili le DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia",. In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni specifiche delle presenti DTC.

23.2 Materiali, elementi costruttivi

A integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualunque tipologia", vale quanto segue:

Per i materiali e gli elementi normalizzati di più comune utilizzo valgono in particolare le seguenti norme tecniche di riferimento.

23.2.1 Norme di carattere generale

- UNI EN 476 Requisiti generali per componenti utilizzati nelle tubazioni di scarico, nelle connessioni di scarico e nei collettori di fognatura per sistemi di scarico a gravità.
- UNI EN 752 Connessioni di scarico e collettori di fognatura all'esterno degli edifici.
- UNI EN 1295-1 Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico. Requisiti generali.
- UNI EN 1610 Costruzione e collaudo di connessioni di scarico e collettori di fognatura.
- UNI EN 12889 Costruzione senza trincea e prove di impianti di raccolta e smaltimento liquami.
- UNI EN 13380 Requisiti generali per componenti utilizzati per la ristrutturazione e la riparazione di sistemi di drenaggio e di fognatura all'esterno di edifici.

23.2.2 Tubazioni ed elementi complementari

23.2.2.1 Tubazioni di gres

- 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.

23.2.2.2 Tubazioni di ghisa sferoidale

- UNI EN 598 Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro giunti per fognatura. Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 14628 Tubi, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale - Rivestimento esterno di polietilene per tubi - Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 14901 Tubi, raccordi e accessori in ghisa sferoidale - Rivestimento epossidico (rinforzato) dei raccordi e degli accessori in ghisa sferoidale - 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
- UNI EN 15655 Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale - Rivestimento interno in poliuretano per tubi e raccordi - Requisiti e metodi di prova
- ISO 4179 Tubi di ghisa sferoidale per condotte con e senza pressione. Rivestimento interno di malta cementizia
- ISO 8179-1 Tubi di ghisa sferoidale. Rivestimento esterno a base di zinco – Parte 1: Zinco metallico con rivestimento
- UNI ISO 8180 Tubazioni di ghisa duttile - Manicotto di polietilene per applicazione in cantiere
- UNI ISO 10802 Tubazioni di ghisa a grafite sferoidale. Prove idrostatiche dopo la posa.

23.2.2.3 Tubazioni di materia plastica (PVC-U)

- 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 EN 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 EN 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 1456-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi in pressione interrati e fuori terra. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i componenti della tubazione e per il sistema.
- UNI EN ISO 1452-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua e per fognature e scarichi interrati e fuori terra in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Parte 1: Generalità

- UNI EN ISO 1452-2 Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua e per fognature e scarichi interrati e fuori terra in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Parte 2: Tubi
- UNI EN ISO 1452-3 Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua e per fognature e scarichi interrati e fuori terra in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Parte 3: Raccordi
- UNI EN ISO 1452-4 Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua e per fognature e scarichi interrati e fuori terra in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Parte 4: Valvole
- UNI EN ISO 1452-5 Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua e per fognature e scarichi interrati e fuori terra in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema
- UNI EN 12842 Raccordi di ghisa sferoidale per sistemi di tubazioni di PVC-U o PE – Requisiti e metodi di prova.

23.2.2.4 Tubazioni di materia plastica – Polietilene (PE)

- UNI EN 12666-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Polietilene (PE) - Parte 1: Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema
- UNI CEN/TS 12666-2 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Polietilene (PE) - Parte 2: Guida per la valutazione della conformità

23.2.2.5 Tubazioni di materia plastica – Polipropilene (PP)

- UNI EN 1852-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Polipropilene (PP). Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema.
- UNI EN 1852-2 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Polipropilene (PP). Guida per la valutazione della conformità.

23.2.2.6 Tubazioni di materia plastica rinforzate con fibre di vetro (PRFV)

- UNI EN 1796 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP)
- UNI EN 14364 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Specifiche per tubi, raccordi e giunzioni.

23.2.2.7 Tubazioni di conglomerato cementizio

- UNI EN 1916 Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.

23.2.2.8 Tubazioni di fibrocemento

- UNI EN 588-1 Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico. Tubi, raccordi e accessori per sistemi a gravità.
- UNI EN 1444 Tubi di fibrocemento. Guida per la posa e le pratiche di cantiere.

23.2.2.9 Tubazioni per ripristini e riparazioni

- UNI EN ISO 11296-1 Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti non in pressione di fognature e di scarichi - Parte: 1 Generalità
- UNI EN ISO 11296-3 Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti non in pressione di fognature e di scarichi - Parte 3: Inserimento interno (lining) di tubi continui ad alta aderenza
- UNI EN ISO 11296-4 Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti non in pressione di fognature e di scarichi - Parte 4: Inserimento interno (lining) di tubi polimerizzati in loco
- UNI EN 13566-2 Sistemi di tubazioni di materia plastica per il ripristino di reti interrato non in pressione di fognature e scarichi – Parte 2_ Ripristino con tubi continui.

23.2.2.10 Pozzetti d'ispezione ed elementi complementari

- UNI EN 124 Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo qualità.
- 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 588-2 Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico. Pozzetti e camere d'ispezione.
- UNI EN 1917 Pozzetti d'ispezione e controllo in calcestruzzo armato e non e fibrocemento.
- UNI EN 13101 Gradini per l'accesso ai pozzetti. Requisiti, marchiatura, verifica e giudizio di conformità
- UNI 9459 Mattoni, mattonelle e fondi di fogna di gres per condotte di liquidi. Caratteristiche e prove.

23.2.3 Connessioni

- 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. 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. 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. 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. Elementi di tenuta di poliuretano colato.

23.3 Esecuzione

A integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualunque tipologia", punto 3, vale quanto segue:

23.3.1 Generalità

- Nel corso delle proprie verifiche degli scavi l'Appaltatore dovrà formulare le proprie obiezioni in particolare per carenze connesse alla posa delle condotte, ad esempio profondità e larghezza errate dello scavo, esecuzione carente della stabilizzazione degli scavi ovvero fondi degli scavi e piano di posa non idonei.

- Danni alle infrastrutture esistenti devono essere segnalati immediatamente al Committente ed al gestore. Condotte, cavi, dreni o canali sospesi o appoggiati su supporti non potranno essere caricati o usati come camminamenti.
- Sistemi di scarico esistenti non possono essere interessati da lavori senza l'autorizzazione della Stazione Appaltante.

23.3.2 Esecuzioni e verifica di canali e condotte di scarico e pozzetti

- Canali e condotte di scarico nonché pozzetti e camere d'ispezione sono da eseguire secondo la norma UNI EN 1610.
- Canali e condotte di scarico nonché pozzetti e camere d'ispezione in muratura sono da eseguire con mattonelle in gres; sulle superfici interne le fughe devono essere riempite a raso.
- Le canalette di fondo devono essere realizzate con superficie perfettamente liscia.

23.3.3 Verifiche

La prova di tenuta sarà eseguita secondo la norma UNI EN 1610.

23.4 Prestazioni accessorie e prestazioni particolari

23.4.1 Prestazioni accessorie

Prestazioni accessorie, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualunque tipologia", sono in particolare:

- Constatazione dello stato di strade, delle aree, dei collettori di ricezione e simili.
- Pulizia di materiali ed elementi costruttivi forniti dall'appaltatore prima di procedere con la loro messa in opera.
- Fornitura e posa di scale e gradini, per quanto incorporati in elementi prefabbricati.
- Esecuzione di fossette per giunzioni nel piano di posa delle condotte, costipamento del piano di posa.
- Pulizia delle connessioni a fognature, pozzetti e camere d'ispezione esistenti.
- Collegamenti a tubi e pozzetti, fatta eccezione per le prestazioni descritte al punto "N.Capitolo".2.9.
- Adeguamento con sistemazione in quota dopo l'asfaltatura di chiusini, caditoie e griglie.

23.4.2 Prestazioni particolari

Prestazioni particolari, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualunque tipologia", sono per esempio:

- Fornitura di calcoli statici per canali e condotte di fognatura nonché pozzetti e camere d'ispezione, compresi i disegni di armatura e di carpenteria delle opere d'arte come ad esempio sfioratori, sifoni e vasche.
- Provvedimenti particolari per l'esecuzione del piano di posa.
- Pulizia di materiali ed elementi costruttivi forniti dal Committente prima della loro messa in opera, qualora l'intervento non sia dovuto a cause attribuibili all'appaltatore.
- Fornitura e posa di raccordi e pezzi speciali, ad esempio derivazioni, prolunghe per pozzetti, curve e gomiti per canali e condotte di scarico.

- Fornitura e posa di elementi speciali, di chiusini e di gradini o scale, salvo i casi di cui al punto "N.capitolo".4.1.3.
- Analisi del terreno e dell'acqua.
- Prove di tenuta con predisposizione e rimozione dei dispositivi di ancoraggio e di chiusura occorrenti per l'esecuzione delle prove.
- Fornitura ed evacuazione del fluido impiegato per le prove di tenuta delle condotte.
- Inserimento di collari di tenuta, nella misura in cui tale provvedimento non sia imputabile all'Appaltatore.
- Interventi per garantire la continuità del flusso nei collettori dei sistemi di condotte e di canali di scarico.
- Controllo esterno dell'esecuzione.
- Predisposizione della documentazione sullo stato di fatto.

23.5 Contabilizzazione

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

La determinazione della prestazione, indipendentemente se da disegno o da rilievo in sito, avviene in base ai seguenti criteri:

23.5.1 Per opere da contabilizzare a lunghezza (m)

Sarà considerata la lunghezza sviluppata rilevata lungo l'asse delle condotte finite in opera senza alcuna detrazione per i pezzi speciali e apparecchiature.

Per la contabilizzazione di canali e condotte di fognatura non saranno detratte le luci dei pozzetti e delle camere d'ispezione in linea.

La profondità dei pozzetti e delle camere d'ispezione sarà rilevata dalla quota finita dell'estradosso del chiusino sino al punto più profondo della canaletta di scorrimento.

23.5.2 Per opere da contabilizzare a numero (pz)

I pezzi speciali saranno computati a numero (pz) con apposite voci di capitolato ovvero con lunghezze equivalenti da aggiungere a quelle rilevate secondo il punto 4.5.1. Per braghe o riduzioni la maggiorazione è calcolata sulla tubazione di diametro maggiore. Le lunghezze equivalenti verranno calcolate con le seguenti tabelle, distinguendo in base a materiale e tipo del pezzo speciale.

Tubazioni di gres, di conglomerato cementizio, di fibrocemento

Tipo pezzo speciale	curve, manicotti	riduzioni, braghe	ispezioni
m	1,0	1,50	3,00

Tubazioni in ghisa sferoidale

Diametro tubi	curve, riduzioni	braghe	muffe, manicotti	ispezioni
mm	m	m	m	m
fino a 100	1,60	3,20	1,45	2,50
125	1,75	3,50	1,55	2,50
150	1,90	3,80	1,70	2,50
200 a 300	2,10	4,10	1,90	2,50

Tubazioni di materiale plastico

Diametro tubi	curve, riduzioni	braghe	muffe, manicotti	ispezioni
mm	m	m	m	m
fino a 100	0,50	1,00	0,50	7,00
125	0,70	1,40	0,60	7,00
150	0,75	1,60	0,70	7,00
200	1,00	2,00	1,00	5,00
250 a 300	2,80	5,30	1,50	5,00

24 CONDOTTE IN PRESSIONE INTERRATE E FUORI TERRA

24.1 Campo di applicazione

Le presenti DTC "Condotte in pressione interrate e fuori terra" si applicano alla realizzazione di condotte in pressione interrate per il convogliamento di gas, acqua ed altri fluidi, anche sotto fabbricati nonché alloggiate in tubi e canali di protezione.

Le presenti DTC non si applicano a:

- a) movimenti di terra per la costruzione di condotte in pressione,
- b) opere di sostegno del terreno
- c) posa di condotte mediante spingitubo

A titolo integrativo sono applicabili le DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punti. In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni specifiche delle presenti DTC.

24.2 Materiali, elementi costruttivi

A integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia" punto 1.2, vale quanto segue:

Per i materiali e gli elementi normalizzati di più comune utilizzo vengono citate in particolare le seguenti norme tecniche di riferimento:

24.2.1 Norme di carattere generale

24.2.1.1 Norme tecniche di carattere generale:

- UNI EN 1295 -1 Progetto strutturale di tubazioni interrate sottoposte a differenti condizioni di carico – Requisiti generali
- UNI EN 1333 Componenti di reti di tubazioni - Definizione e selezione del PN
- UNI EN ISO 6708 Elementi di tubazione - Definizione e selezione dei DN (diametro nominale)
- CEI UNI 70029 Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione ed utilizzo - Criteri generali di sicurezza
- CEI UNI 70030 Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa
- UNI 5634 Sistemi di identificazione delle tubazioni e canalizzazioni convoglianti fluidi

24.2.1.2 Acquedotti

- UNI EN 805 Approvvigionamento di acqua – Requisiti per sistemi e componenti all' esterno di edifici
- UNI EN 1508 Adduzione dell'acqua – Requisiti per sistemi e componenti per l'accumulo dell'acqua

24.2.1.3 Condotte di teleriscaldamento

- UNI EN 253 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti di acqua calda interrate direttamente - Assemblaggio di tubi di servizio di acciaio, isolamento termico a base di poliuretano e tubi di protezione esterna di polietilene
- UNI EN 448 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti di acqua calda interrate direttamente - Assemblaggio di raccordi per tubi di servizio di acciaio con isolamento termico di poliuretano e tubi di protezione esterna di polietilene

- UNI EN 489 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti di acqua calda interrate direttamente - Assemblaggio di tubi di servizio di acciaio, isolamento termico a base di poliuretano e tubi di protezione esterna di polietilene
- UNI EN 13941 Progetto ed installazione di sistemi bloccati di tubazioni preisolate per teleriscaldamento
- UNI EN 15632-1 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi di tubazioni flessibili preisolate - Parte 1: Classificazione, requisiti generali e metodi di prova
- UNI EN 15632-4 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi di tubazioni flessibili preisolate - Parte 4: Sistema bloccato con tubi di servizio di metallo; requisiti e metodi di prova
- UNI EN 15698-1 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi bloccati a doppio tubo preisolati per reti di acqua calda interrate direttamente - Parte 1: Assemblaggio di tubi doppi per mezzo di tubi di servizio di acciaio, isolamento termico in poliuretano e tubi di protezione esterna di polietilene

24.2.1.4 Gasdotti

- UNI EN 1473 Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) – Progettazione delle installazioni di terra
- UNI EN 1474 Installazioni ed equipaggiamenti per il gas naturale liquefatto (GNL) – Progettazione e prove dei bracci di carico/scarico
- UNI EN 1918 – 1 Sistemi di trasporto e distribuzione di gas – Stoccaggio di gas nel sottosuolo – Raccomandazioni funzionali per lo stoccaggio in falde acquifere
- UNI EN 1918 – 2 Sistemi di trasporto e distribuzione di gas – Stoccaggio di gas nel sottosuolo – Raccomandazioni funzionali per lo stoccaggio in giacimenti di gas e petrolio
- UNI EN 1918 – 3 Sistemi di trasporto e distribuzione di gas – Stoccaggio di gas nel sottosuolo – Raccomandazioni funzionali per lo stoccaggio in caverne saline
- UNI EN 1918 – 4 Sistemi di trasporto e distribuzione di gas – Stoccaggio di gas nel sottosuolo – Raccomandazioni funzionali per lo stoccaggio in caverne rocciose
- UNI EN 1918 – 5 Sistemi di trasporto e distribuzione di gas – Stoccaggio di gas nel sottosuolo – Raccomandazioni funzionali per le installazioni in superficie
- UNI 9165 Reti di distribuzione del gas con pressione massima di esercizio minore o uguale a 5 bar - Progettazione, costruzione, collaudo, conduzione, manutenzione e risanamento
- UNI 9167 Impianti di ricezione, prima riduzione e misura del gas naturale - Progettazioni, costruzione e collaudo

24.2.2 Tubazioni

24.2.2.1 Tubazioni in ghisa sferoidale

- 6 UNI EN 545 Tubi, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua - Prescrizioni e metodi di prova
- 7 UNI EN 969 Tubi, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte di gas - Prescrizioni e metodi di prova
- 8 UNI EN 14628 Tubi, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale - Rivestimento esterno di polietilene per tubi - Requisiti e metodi di prova

- 9 UNI EN 15189 Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale - Rivestimento esterno di poliuretano dei tubi - Requisiti e metodi di prova
- 10 UNI EN 15542 Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale - Rivestimento esterno di malta cementizia per tubi - Requisiti e metodi di prova
- 11 UNI EN 15655 Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale - Rivestimento interno in poliuretano per tubi e raccordi - Requisiti e metodi di prova
- 12 UNI ISO 8180 Condotte di ghisa duttile. Manicotto di polietilene per applicazione in cantiere
 - UNI 9163 Tubi, raccordi e pezzi accessori di ghisa a grafite sferoidale per condotte in pressione. Giunto elastico automatico. Dimensioni di accoppiamento ed accessori di giunto

24.2.2.2 Tubazioni di materia plastica

Tubazioni di materia plastica – Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U)

- UNI EN 580 Sistemi di tubazioni di materia plastica - Tubi di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Metodo di prova della resistenza al clorometano ad una temperatura specificata (DCMT)
- 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 d'acqua - 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 d'acqua - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Valvole ed 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 EN 1452-6 Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Guida per l'installazione
- UNI EN 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

Tubazioni di materia termoplastica - Polietilene (PE)

- 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 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 EN ISO 15875-1 Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polietilene reticolato (PE-X) - Parte 1: Generalità
- UNI EN ISO 15875-2 Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polietilene reticolato (PE-X) - Parte 2: Tubi
- UNI EN ISO 15875-3 Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polietilene reticolato (PE-X) - Parte 3: Raccordi
- UNI EN ISO 15875-5 Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polietilene reticolato (PE-X) - Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema
- 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
- UNI 10520 Saldatura di materie plastiche - Saldatura ad elementi termici per contatto – Saldatura di giunti di testa di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione
- UNI 10521 Saldatura di materie plastiche Saldatura per elettrofusione – Saldatura di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione
- UNI 10967 Saldatura di giunti e/o di raccordi in polietilene tipo PE 100 per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione

Tubazioni di materia plastica rinforzata con fibre di vetro (PRFV)

- UNI EN 1796 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP)
- UNI EN 14364 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi con o senza pressione - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Specifiche per tubi, raccordi e giunzioni
- UNI CEN/TS 14578 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua o scarico e fognatura - Materie plastiche termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) a base di resina poliestere insatura (UP) - Procedure raccomandate per l'installazione
- UNI 9032 Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche - Linee guida per la definizione dei requisiti per l'impiego

Tubazioni di materia plastica - Polipropilene (PP)

- UNI EN ISO 15874-1 Sistemi di tubazioni di materiale plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polipropilene (PP) - Parte 1: Generalità
- UNI EN ISO 15874-2 Sistemi di tubazioni di materiale plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polipropilene (PP) - Parte 2: Tubi
- UNI EN ISO 15874-3 Sistemi di tubazioni di materiale plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polipropilene (PP) - Parte 3: Raccordi
- UNI EN ISO 15874-5 Sistemi di tubazioni di materiale plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polipropilene (PP) - Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema
- UNI EN ISO 15874-7 Sistemi di tubazioni di materiale plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda - Polipropilene (PP) - Parte 7: Guida per la valutazione della conformità

24.2.2.3 Elementi di tenuta

- 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 - 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
- UNI EN 682 Elementi di tenuta in elastomero - Requisiti dei materiali elastomerici utilizzati in tubi e raccordi per il trasporto di gas ed idrocarburi fluidi

24.2.2.4 Tubazioni in pressione in calcestruzzo armato

- UNI EN 640 Tubi in pressione in calcestruzzo armato e tubi in pressione di calcestruzzo con armatura diffusa (del tipo senza cilindro) inclusi giunti e pezzi speciali
- UNI EN 641 Tubi in pressione in calcestruzzo armato del tipo con cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali
- UNI EN 642 Tubi in pressione di calcestruzzo precompresso con cilindro e senza cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali, e prescrizioni specifiche per l'acciaio di precompressione dei tubi

24.2.2.5 Tubazioni in acciaio

- UNI EN 253 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti di acqua calda interrate direttamente - Assemblaggio di tubi di servizio di acciaio, isolamento termico a base di poliuretano e tubi di protezione esterna di polietilene
- UNI EN 488 Tubazioni per teleriscaldamento - Sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti di acqua calda interrati direttamente - Assemblaggio di valvole per tubi di servizio di acciaio con isolamento termico di poliuretano e tubo di protezione esterna di polietilene

- UNI EN 489 Tubazioni per il riscaldamento urbano - Sistemi bloccati di tubazioni preisolate per reti interrate di acqua calda - Assemblaggio-giunzione per tubi di servizio di acciaio con isolamento termico di poliuretano e tubo esterno di polietilene
- UNI EN 10208-1 Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili - Condizioni tecniche di fornitura - Tubi della classe di prescrizione A
- UNI EN 10216-1 Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura – Parte 1: Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente
- UNI EN 10216-2 Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura – Parte 2: Tubi di acciaio non legato e legato per impieghi a temperatura elevata
- UNI EN 10216-3 Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura – Parte 3: Tubi di acciaio legato a grano fine
- UNI EN 10216-4 Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura – Parte 4: Tubi di acciaio non legato e legato per impieghi a bassa temperatura
- UNI EN 10217-1 Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura – Parte 1: Tubi di acciaio non legato per impieghi 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 e 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
- UNI EN 10220 Tubi di acciaio, saldati e senza saldatura - Dimensioni e masse lineiche
- UNI EN 10224 Tubi e raccordi di acciaio non legato per il trasporto di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano - Condizioni tecniche di fornitura
- UNI EN ISO 10893-1 Controlli non distruttivi dei tubi di acciaio - Parte 1: Controllo elettromagnetico automatizzato di tubi di acciaio, senza saldatura e saldati (eccetto quelli ad arco sommerso), per la verifica della tenuta idraulica
- UNI EN ISO 10893-11 Controlli non distruttivi dei tubi di acciaio - Parte 11: Controllo automatizzato mediante ultrasuoni del cordone di saldatura di tubi di acciaio saldati, per la rilevazione delle imperfezioni longitudinali e/o trasversali
- UNI EN ISO 10893-4 Controlli non distruttivi dei tubi di acciaio - Parte 4: Controllo di tubi di acciaio, saldati e senza saldatura, per la rilevazione di imperfezioni superficiali con liquidi penetranti

- UNI EN ISO 10893-12 Controlli non distruttivi dei tubi di acciaio - Parte 12: Controllo automatizzato mediante ultrasuoni dell'intera superficie di tubi di acciaio, senza saldatura e saldati (eccetto quelli ad arco sommerso) per la misurazione dello spessore)
- UNI EN ISO 10893-9 Controlli non distruttivi dei tubi di acciaio - Parte 9: Controllo automatizzato mediante ultrasuoni per la rilevazione di imperfezioni laminari sui nastri/lamiere utilizzati per la fabbricazione di tubi di acciaio saldati
- UNI EN ISO 10893-8 Controlli non distruttivi dei tubi di acciaio - Parte 8: Controllo automatizzato mediante ultrasuoni di tubi di acciaio, saldati e senza saldatura, per la rilevazione di imperfezioni laminari
- UNI EN 10256 Prove non distruttive dei tubi di acciaio - Qualificazione e competenze del personale per le prove non distruttive di livello 1 e 2
- UNI EN 10288 Tubi e raccordi di acciaio per condotte terrestri e marine - Rivestimenti esterni a doppio strato a base di polietilene applicati mediante estrusione
- UNI EN 10289 Tubi e raccordi di acciaio per condotte terrestri e marine - Rivestimenti esterni in resina epossidica e resina epossidica-modificata applicata allo stato liquido
- UNI EN 10290 Tubi e raccordi di acciaio per condotte terrestri e marine - Rivestimenti esterni in poliuretano e poliuretano-modificato applicato allo stato liquido
- UNI EN 10298 Tubi e raccordi di acciaio per condotte terrestri e marine - Rivestimento interno con malta cementizia
- UNI EN 10339 Tubi di acciaio per condotte d acqua terrestri e marine - Rivestimenti interni di resina epossidica applicati allo stato liquido per la protezione contro la corrosione
- UNI EN ISO 9225 corrosione dei metalli e loro leghe - Corrosività di atmosfere - Misurazione dei parametri ambientali che influenzano la corrosività di atmosfere
- UNI EN ISO 9226 Corrosione dei metalli e loro leghe - Corrosività di atmosfere - Determinazione della velocità di corrosione di provini normalizzati per la valutazione della corrosività
- UNI EN ISO 9224 Corrosione dei metalli e loro leghe - Corrosività di atmosfere - Valori guida per le classi di corrosività
- UNI EN ISO 9223 Corrosione dei metalli e loro leghe - Corrosività di atmosfere - Classificazione, determinazione e valutazione
- UNI EN ISO 1127 Tubi di acciaio inossidabile - Dimensioni, tolleranze e masse lineiche convenzionali
- UNI EN ISO 8044 Corrosione di metalli e leghe - Termini fondamentali e definizioni
- UNI EN ISO 10289 Metodi per prove di corrosione su rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici su substrato metallico - Valutazione di campioni e di manufatti sottoposti a prove di corrosione

24.2.2.6 Tubazioni in fibrocemento

- UNI EN 512 Prodotti di fibrocemento - Tubi e giunti per condotte in pressione

24.2.3 Componenti di impianti

24.2.3.1 Pompe

- UNI EN 733 Pompe centrifughe ad aspirazione assiale, pressione nominale 10 bar, con supporti. Punto di funzionamento nominale, dimensioni principali, sistema di designazione
- UNI EN 734 Pompe a canali laterali PN 40. Punto di funzionamento nominale, dimensioni principali, sistema di designazione
- UNI EN 735 Dimensioni complessive delle pompe rotodinamiche. Tolleranze

24.2.3.2 Valvole ed attrezzature

- UNI EN 736-1 Valvole –Terminologia – Definizioni dei tipi di valvole
- UNI EN 736-2 Valvole - Terminologia – Definizione dei componenti delle valvole
- UNI EN 736-3 Valvole - Terminologia – Definizione dei termini
- UNI EN 1074-1 Valvole per fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all' impiego e prove idonee di verifica - Requisiti generali
- UNI EN 1074-2 Valvole per fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all' impiego e prove idonee di verifica - Valvole di intercettazione
- UNI EN 1074-3 Valvole per fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all' impiego e prove idonee di verifica - Valvole di ritegno
- UNI EN 1074-4 Valvole per fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all' impiego e prove idonee di verifica - Sfiati d'aria
- UNI EN 1074-5 Valvole per fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all' impiego e prove idonee di verifica - Valvole di regolazione
- UNI EN 12201-4 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) - Valvole
- UNI 8827 Impianti di riduzione finale della pressione del gas funzionanti con pressione a monte fra 0,04 - 5 bar. Progettazione, costruzione e collaudo
- UNI 8895 Valvole di polipropilene (PP) per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti
- UNI 9734 Dispositivi di intercettazione per condotte di gas. Valvole di acciaio con otturatore a sfera

24.2.3.3 Raccordi e pezzi speciali

- UNI EN 12256 Sistemi di tubazioni di materia plastica - Raccordi termoplastici - Metodo di prova per la resistenza meccanica o la flessibilità dei raccordi fabbricati
- UNI EN 12842 Raccordi di ghisa sferoidale per sistemi di tubazioni di PVC-U o PE - Requisiti e metodi di prova
- UNI EN 10284 Raccordi in ghisa malleabile con estremità a compressione per sistemi di tubazioni in polietilene (PE)
- UNI 8470 Valvole di PVC rigido (non plastificato) per tubazioni in pressione. Metodi di prova
- UNI 9034 Condotte di distribuzione del gas con pressione massima di esercizio minore o eguale 5 bar - Materiali e sistemi di giunzione

- UNI 9561 Tubi e raccordi di materia plastica - Raccordi a compressione per giunzione meccanica per uso con tubi in pressione di polietilene per la distribuzione dell'acqua

24.2.3.4 Pozzetti

- UNI EN 124 Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità
- UNI EN 1917 Pozzetti e camere di ispezione di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali
- UNI EN 13101 Gradini per camere di ispezione sotterranee - Requisiti, marcatura, prove e valutazione di conformità

24.2.3.5 Varie

- UNI EN 12068 Protezione catodica - Rivestimenti organici esterni per la protezione dalla corrosione delle tubazioni di acciaio interrate o immerse da associare alla protezione catodica - Nastri e materiali termorestringenti
- UNI EN 12186 Trasporto e distribuzione di gas - Stazioni di regolazione della pressione del gas per il trasporto e distribuzione - Requisiti di funzionamento
- UNI EN 12325-1 Tecniche di irrigazione - Impianti a perno centrale e ad avanzamento delle ali piovane - Presentazione delle caratteristiche tecniche
- UNI EN 12484-2 Tecniche di irrigazione - Sistemi di irrigazione automatica di prato - Progettazione e definizione degli appropriati modelli tecnici
- UNI EN 12954 Protezione catodica di strutture metalliche interrate o immerse - Principi generali e applicazione per condotte
- UNI EN 14339 Idranti antincendio sottosuolo
- UNI EN 14384 Idranti antincendio a colonna soprasuolo
- UNI EN ISO 5167-1 Misurazione della portata dei fluidi mediante dispositivi a pressione differenziale inseriti in condotti a sezione circolare piena - Parte 1: Principi e requisiti generali
- UNI 10390 Impianti di riduzione finale della pressione del gas naturale funzionanti con pressione a monte massima compresa tra 5 e 12 bar. Progettazione, costruzione e collaudo

24.2.4 Pressione nominale

Tubi e sistemi di tubazioni sono da dimensionare per la pressione d'esercizio prevista; si richiede una pressione nominale minima di 10 bar (PN 10).

24.3 Esecuzione

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

24.3.1 Generalità

- Per l'esecuzione dei lavori valgono le norme elencate al punto 2.
- Nel corso delle proprie verifiche l'Appaltatore dovrà formulare le proprie obiezioni, in particolare qualora riscontri impedimenti per la posa di condotte, ad esempio profondità e larghezza errate

dello scavo, insufficiente protezione degli scavi, inadeguatezza del fondo dello scavo ovvero del piano di posa.

- Condotte appese o appoggiate su supporti, cavi, dreni, o canali non possono essere calpestati o caricati. Eventuali danni sono da segnalare immediatamente alla Stazione appaltante, al proprietario del manufatto o a chi di competenza.

24.3.2 Verifiche

24.3.2.1 Prove di tenuta

Le prove di tenuta per condotte in pressione per acquedotti, gasdotti e condotte per il trasporto di altri fluidi devono essere eseguite secondo le relative prescrizioni e disposizioni tecniche.

Le prove di tenuta di cantiere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).

24.3.2.2 Ulteriori prove

Qualora debbano essere eseguite e valutate prove non distruttive delle saldature, valgono in particolare le seguenti norme tecniche di riferimento: per tubi in acciaio:

- DIN EN 12517-1 Controllo non distruttivo delle saldature - Parte 1: Valutazione mediante radiografia dei giunti saldati di acciaio, nichel, titanio e loro leghe - Livelli di accettazione per tubi in materiali termoplastici
- UNI EN 13100-1 Prove non distruttive di giunti saldati di prodotti semifiniti di materiale termoplastico - Esame visivo.
- UNI EN 13100-2 Prove non distruttive di giunti saldati di prodotti semifiniti di materiale termoplastico - Parte 2: Controllo radiografico a raggi X.
- UNI EN 13100-3 Prove non distruttive di giunti saldati di prodotti semifiniti di materiale termoplastico - Parte 3: Controllo per ultrasuoni.
- UNI EN 14728 Imperfezioni nei giunti saldati di materiale termoplastico - Classificazione

Gli interventi da eseguire in relazione al presente punto "N.capitolo".3.2.2 costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).

24.3.3 Spurgo

Per lo spurgo e la disinfezione degli acquedotti è applicabile la norma UNI EN 805. Tali interventi sono da considerare prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".2.1).

24.4 Prestazioni accessorie, prestazioni particolari

24.4.1 Prestazioni accessorie

Prestazioni accessorie integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", sono in particolare:

- Constatazione dello stato di strade, superfici del terreno, ricettore e quant'altro.
- Pulizia di materiali ed elementi costruttivi forniti dall'Appaltatore prima di procedere con la loro installazione.
- Riparazione della protezione esterna ed interna di tubazioni ad eccezione delle prestazioni secondo il punto "N.capitolo".4.2.3
- Predisposizione di fossette per le giunzioni a bicchiere, costipamento del piano di posa.

- Esecuzione di collegamenti di tubazioni, comprese le giunzioni mediante saldatura, tagli ed intagli nonché il ripristino della protezione interna ed esterna.
- Adattamento con sistemazione in quota definitiva di chiusini per pozzetti, saracinesche o apparecchiature interrate.

24.4.2 Prestazioni particolari

Prestazioni particolari integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto "N.capitolo".4.2 sono per esempio:

- Provvedimenti secondo i punti "N.capitolo".3.2.1, "N.capitolo".3.2.2 e "N.capitolo".3.3.
- Fornitura e posa di pezzi speciali, attrezzature ed accessori.
- Particolari provvedimenti supplementari contro fattori pregiudizievoli per le tubazioni.
- Particolari provvedimenti in presenza di pendenze elevate, in presenza di roccia viva o di massi, in presenza di un piano di posa inadeguato, in presenza di acqua o in presenza di una portanza variabile del piano di posa.
- Esecuzione e successiva rimozione dagli ancoraggi e delle ture necessarie solamente per le prove di tenuta.
- Predisposizione e posa di targhe e picchetti per la segnalazione delle tubazioni con indicazione dei dati identificativi della tubazione stessa.

24.5 Contabilizzazione

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

La determinazione della prestazione, indipendentemente se da disegno o da rilievo in sito, avviene in base ai seguenti criteri:

24.5.1 Per opere da contabilizzare a lunghezza (m)

Sarà considerata la lunghezza sviluppata rilevata lungo gli assi delle condotte finite in opera con tutti i pezzi speciali, apparecchiature e valvole.

Per la contabilizzazione di condotte in pressione non saranno detratte le luci dei pozzetti in linea.

La profondità di pozzetti sarà rilevata dalla quota finita dell'estradosso del chiusino sino al punto più profondo del fondo del pozzetto.

24.5.2 Per opere da contabilizzare a pezzo (pz)

I pezzi speciali saranno computati a numero (pz) con le apposite voci di contratto ovvero con lunghezze equivalenti da aggiungere a quelle rilevate secondo il punto 5.1. Per braghe o riduzioni la lunghezza equivalente è calcolata sulla tubazione di diametro maggiore. Le lunghezze equivalenti verranno calcolate distinguendo in base a diametro, materiale e tipo del pezzo speciale con le seguenti tabelle.

Tubi in materie plastiche			
Diametro DN	curve, riduzioni	braghe	manicotti
mm	m	m	m

fino a 100	1,00	1,00	0,60
125	1,20	1,30	0,70
150	1,50	1,60	0,90
200	2,00	2,00	1,10
≥250	2,50	5,00	1,30

Tubi in materiali metallici			
Diametro DN	curve, riduzioni	braghe	manicotti
mm	m	m	m
fino a 100	1,65	2,80	2,50
125	1,80	3,05	2,70
150	1,95	3,30	2,90
≥200	2,10	3,60	3,15

25 SISTEMI DI CAVI E DI TUBI PER LINEE INTERRATE

25.1 Campo di applicazione

- Le presenti DTC „Sistemi di cavi e di tubi per linee interrate” si applicano alla posa di cavi e di tubazioni per cavi nonché alla costruzione ed alla sistemazione di canali per cavi, ivi compresa la costruzione di camerette, pali, quadri e simili facenti parte dell’impianto. Esse si applicano anche alla demolizione delle pavimentazioni nel corso dell’esecuzione di lavori di terra per la costruzione di cavidotti interrati.
- Le prescrizioni contenute nelle presenti DTC per i lavori di terra, di sostegno di scavi e stradali da eseguire nel corso di lavori per la costruzione di linee elettriche interrate sono integrate da quelle contenute nelle DTC „Lavori di terra“, „Opere di sostegno di scavi“, „Costruzioni stradali – Sovrastrutture stradali senza leganti“, „Costruzioni stradali – Sovrastrutture stradali con leganti idraulici“, „Costruzioni stradali – Sovrastrutture stradali in conglomerato bituminoso“ e „Costruzioni stradali – Pavimentazioni con masselli, cubetti e lastre - Cordoli“. In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni delle presenti DTC.
- Le presenti DTC non si applicano alla posa di tubazioni eseguiti con attrezzature spingitubo (vedi DTC „Opere con la tecnica spingitubo“) nonché alla realizzazione di impianti di conduttore elettriche in aree esterne, che costituiscono parte integrante di impianti per edifici (vedi DTC „Impianti in bassa tensione BT ed in media tensione MT con tensioni nominali fino a 36 kV“).
- A titolo integrativo sono applicabili le DTC “Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia”. In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni specifiche delle presenti DTC.

25.2 Materiali, elementi costruttivi

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC “Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia”, vale quanto segue:

25.2.1 Generalità

- Salva indicazione contraria, la fornitura dei cavi, delle tubazioni per cavi e delle componenti dell’impianto non fanno parte delle prestazioni dell’Appaltatore.
- I materiali forniti dal Committente vengono messi a disposizione scaricati sul luogo di impiego, fatta eccezione per i materiali forniti su ferrovia.
- Materiali ed elementi rimossi non diventano proprietà dell’Appaltatore.
- Per i principali materiali ed elementi costruttivi normalizzati vengono citate in particolare le seguenti norme tecniche di riferimento.

25.2.2 Tubazioni ed accessori

- CEI EN 61386-1 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche - Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50086-2-4 Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi - Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
- CEI EN 61386-21 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche - Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
- CEI EN 61386-22 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche - Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori

- CEI EN 61386-23 Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche - Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
- UNI EN 12613 Dispositivi di avviso visuale di materia plastica per cavi e tubazioni interrati.

25.3 Esecuzione

A completamento di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue.

25.3.1 Generalità

- La scelta delle modalità di esecuzione dei lavori nonché il tipo e l'impiego dei mezzi sono riservati all'Appaltatore.
- Nel corso delle proprie verifiche l'Appaltatore dovrà formulare le proprie obiezioni, in particolare in caso di discordanza tra lo stato di fatto e le condizioni indicate in progetto e, qualora le trincee vengano eseguite da un altro Appaltatore, in caso di inadeguatezza delle trincee per la posa dei cavi, delle tubazioni e delle canalette, ad esempio con carente configurazione del fondo delle trincee o del piano di appoggio per le condotte.
- Le costruzioni soggette a rischio vanno protette; vale in particolare la norma DIN 4123 „Scavi di pozzi, fondazioni e sottomurazioni nell'ambito di fabbricati esistenti". Per la predisposizione delle misure di protezione e di sicurezza vanno osservate le prescrizioni dei proprietari o di altre persone legittimate. Tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.Capitolo".4.2.1).
- Qualora vengano ritrovati ostacoli imprevisti, per es. tubazioni, cavi, drenaggi, canali, capisaldi, residui di costruzioni, il committente o i suoi incaricati (Direttore dei Lavori e Coordinatore della Sicurezza) ne dovranno essere informati immediatamente. Le misure da prendere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.Capitolo".4.2.1).
- In prossimità di alberi, piantagioni ed aree a verde da conservare, i lavori vanno eseguiti con la debita cura.
- Gli alberi, le piantagioni e le aree a verde soggette a danneggiamento vanno protette secondo le indicazioni della norma DIN 18920 "Tecnica agraria nella sistemazione paesaggistica – Protezione di alberi, piantagioni ed aree a verde durante i lavori di costruzione". Tali misure protettive costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.Capitolo".4.2.1.).
- Qualora impianti esistenti pregiudichino in maniera imprevedibile l'avanzamento dei lavori, si dovranno mettere in opera misure di protezione particolari, nella misura in cui gli impianti in questione non possono essere messi fuori servizio o spostati all'esterno delle zone di lavoro. Le misure da mettere in atto costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.Capitolo".4.2.1).
- Si dovrà evitare di salire su condotte, cavi, drenaggi o canali sospesi o posati su appoggi isolati o di gravarle in altro modo. Eventuali danni sono da segnalare immediatamente al Committente, al proprietario del manufatto o all'esercente dell'impianto.
- Scostamenti dalle dimensioni concordate devono essere comunicate tempestivamente al Committente. Eventuali misure da mettere in opera devono essere definite di comune accordo e, nella misura in cui le circostanze non sono imputabili all'Appaltatore, costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.Capitolo".4.2.1).

- Qualora nel corso dei lavori si verifichi il pericolo di crolli, riflusso del terreno, efflusso di strati, inondazioni, danneggiamenti di costruzioni e simili, l'Appaltatore dovrà mettere in atto immediatamente tutte le misure idonee per evitare danneggiamenti ed informare il Committente. Danni già verificatisi devono essere comunicati tempestivamente al Committente. Le ulteriori misure devono essere definite di comune accordo. Nella misura in cui la circostanza non è imputabile all'Appaltatore, le misure adottate e quelle da adottare costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.Capitolo".4.2.1).

25.3.2 Impianto ed esercizio del cantiere, misure di sicurezza

- Prima dell'inizio dei lavori dovrà essere constatato e documentato lo stato delle aree, delle pavimentazioni, delle delimitazioni nonché delle costruzioni adiacenti esistenti.
- Cippi e capisaldi geodetici potranno venire rimossi unicamente con l'espresso accordo del Committente. L'Appaltatore dovrà prendere tutte le misure perché i capisaldi predisposti dal Committente per l'esecuzione dei lavori siano perfettamente ricostruibili dopo un'eventuale rimozione.
- La vegetazione esistente non potrà essere rimossa in misura eccedente a quella concordata, se non col consenso del committente.
- Materiali ed elementi nonché la risulta di scavi e demolizioni devono essere depositati in maniera tale, che non possano derivare pericoli per terzi o danni a beni mobili ed immobili. Dovrà essere evitato il deposito di materiali in prossimità delle radici di alberi.
- Accessi pedonali e carrai ai fondi ed ai terreni devono essere restare agibili per tutta la durata dei lavori; in caso di bisogno dovranno essere predisposti ponti o passaggi provvisori. Le misure da adottare costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.Capitolo".4.2.1).

25.3.3 Demolizioni

- Bordi e cordone da attraversare devono essere rimossi con cura prima dell'esecuzione degli scavi e da depositare.
- Pavimentazioni in conglomerato con leganti idraulici o bituminosi devono essere tagliate con mezzi meccanici lungo bordi rettilinei, paralleli al percorso delle condotte e verticali a cavallo della trincea. Le superfici adiacenti non dovranno subire assestamento o deformazione.
- Materiali ed elementi ricavati dalla demolizione dovranno essere depositati separatamente, qualora essi possano essere riutilizzati.
- Pavimentazioni in conglomerato con leganti idraulici o bituminosi, in cubetti o in lastre devono essere rilate e rimosse dopo la posa in opera dello strato portante senza leganti nella misura in cui le zone adiacenti dello strato portante senza leganti risulteranno smosse; le larghezze minime delle strisce da rimuovere sono indicate nella tabella 1. Prevalgono comunque le prescrizioni dei proprietari o dei gestori delle aree coinvolte.
- Dopo i lavori di rimozione, le strisce laterali degli strati portanti senza leganti dovranno essere ricompattate.
- Strisce di sovrastruttura tra quella rimossa o rilata e una delimitazione, un bordo, una pavimentazione di altro tipo ovvero un giunto o una ripresa con larghezza inferiore a quelle indicate in tabella 1 per le strisce da conservare sono da rimuovere e da ripristinare.

- Qualora viene constatato che le zone da conservare sono smosse su una larghezza maggiore di quella indicata in tabella 1, si dovranno concordare con il Committente le misure da mettere in atto. Nella misura in cui la circostanza non è imputabile all'Appaltatore, le misure adottate e quelle da adottare costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).

25.3.4 Scavi in genere e trincee

- La larghezza minima delle trincee è fissata con 30 cm. Trincee per fasci di cavi devono essere realizzate con sufficiente spazio di lavoro.
- Condotte, muffole, tubi di protezione e simili messi a nudo devono essere protetti.
- Si dovrà evitare con cura di smuovere i fondi degli scavi e delle trincee.
- Prima della posa di cavi, tubi di protezione, canalette per cavi e simili dovrà essere verificata l'idoneità del piano di appoggio. Qualora ne venisse riscontrata l'inidoneità, la circostanza dovrà essere comunicata al Committente. Eventuali misure da mettere in opera, ad esempio creazione del fondo degli scavi a un livello più basso o creazione di ulteriori appoggi, devono essere definite di comune accordo e, nella misura in cui le circostanze non sono da imputare all'Appaltatore, costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).
- Qualora, nel caso di percorso in pendenza, si rendano necessari particolari provvedimenti di bloccaggio dei conduttori, ad esempio mediante ancoraggi, le misure da mettere in opera devono essere definite di comune accordo. Le misure da adottare costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).

25.3.5 Posa di cavi e di tubi di protezione, costruzione di sistemi di canalette per cavi

25.3.5.1 Generalità

- Per la posa di cavi e di tubazioni per cavi nonché per la costruzione di sistemi di canali per cavi vengono citate in particolare le seguenti Norme Tecniche di riferimento: le norme tecniche CEI del gruppo 0, 1/25, 3, 11/7, 16, 20, 23, 31, 34, 64, 65, 70, 78, 81, 89, 97, 99, 307, 308 (impianti d'energia), le norme tecniche CEI del gruppo 57, 100, 103, 214, 304, 305, 306 (tecniche dell'informazione) nonché le Norme CEE, che sostituiscono singole norme di questi gruppi e le condizioni tecniche di allacciamento del gestore delle reti.
- 2 Per il trasporto e la conservazione a deposito di cavi sono applicabili le norme tecniche CEI del gruppo 20.
- Per la protezione dei conduttori elettrici, per la posa ovvero per l'infilaggio di conduttori di terra o di schermatura nonché per la posa di dispersori di terra valgono le prescrizioni del Committente.

25.3.5.2 Posa di cavi

- Per la posa dei cavi si dovrà tenere conto delle forze di trazione e dei raggi di curvatura ammissibili. I cavi dovranno scorrere agevolmente su rulli e in corrispondenza delle deviazioni di percorso si farà ricorso a rulli d'angolo. In caso di posa con mezzi meccanici le forze di tiro dovranno essere registrate.
- Dovranno essere predisposte adeguate maggiorazioni di lunghezza per la corretta esecuzione dei conduttori e delle connessioni.
- Le testate dei cavi in corrispondenza di tagli devono essere chiuse con cappucci protettivi termorestringenti o simili.

- La zona di scavo riservata ai cavi deve essere riempita immediatamente dopo la loro posa.
 - Qualora vengono impiegati aratri di posa, la profondità del cavo deve essere verificata simultaneamente con la posa mediante idonee attrezzature di misura. Le vibrazioni del mezzo non dovranno danneggiare i cavi o le opere esistenti.
- Assieme ai cavi deve essere inserito mediante l'aratro anche il nastro segnalatore.

25.3.5.3 Posa di tubi di protezione per cavi e costruzione di canali per cavi

- Non dovranno essere inseriti cavetti o fili di tiro nei tubi di protezione, se non su espressa convenzione contraria.
- I tubi devono essere posati in maniera tale che le prescrizioni del punto "N.capitolo".5.2 possano essere rispettate.
- Le giunzioni tra i tubi devono essere a tenuta di sabbia. La zona della trincea riservata ai cavi deve essere riempita immediatamente dopo la posa delle tubazioni e delle canalette.
- Tubazioni posate in parallelo o su più strati devono essere mantenuti in posizione mediante distanziatori, disposti in direzione longitudinale ad una distanza di non più di 1,5 m. Le giunzioni devono essere sfalsate di almeno una lunghezza delle muffole tra uno strato e l'altro. La sistemazione del fascio, il riempimento e la costipazione sono da eseguire per strati.
- Qualora i tubi vengono inseriti in guaine di protezione con diametro maggiore di 160 mm, l'interstizio deve essere chiuso; le tubazioni devono essere bloccate in posizione centrale. Le misure da adottare costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".2.1).
- I terminali delle tubazioni devono essere chiusi prima di ogni interruzione di lavoro.
- Canali per cavi realizzati con elementi prefabbricati, ad esempio fondelli, pezzi speciali, devono essere posati con giunti ben stretti. Adattamenti non imputabili all'Appaltatore, costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).
- Sistemi di tubazioni devono essere puliti e calibrati dopo l'ultimazione dei lavori.

25.3.5.4 Infilaggio dei cavi

- La posa preventiva di ausili di tiro è ammessa solo con canali di calcestruzzo prefabbricato.
- Prima dell'inizio delle operazioni di infilaggio mediante trazione o ad aria si dovrà verificare mediante calibratura che il cavidotto da occupare è libero su tutta la lunghezza. Un tratto è da considerare calibrato, se il calibro passa una volta liberamente il tratto stesso.
- Durante l'infilaggio dei cavi non dovranno essere superati gli sforzi di tiro ammessi. Il danneggiamento dei cavi dotti deve essere evitato con ausili idonei, ad esempio imbuti. Potranno essere impiegati solo i lubrificanti concordati con il Committente. Le operazioni di posa ad aria devono essere protocollate, il controllo dell'infilaggio in trazione con mezzi meccanici deve essere documentato.
- Le tratte di cavidotti devono essere tappate a tenuta dopo l'infilaggio dei cavi.

25.3.6 Rimozione di cavi

- Cavi da rimuovere e da sfilare devono essere messi fuori servizio e contrassegnati come predisposti alla rimozione. I cavi devono essere rimossi senza tagli.
- Qualora il cavo deve essere riutilizzato, valgono le prescrizioni dei punti "N.capitolo".5.2.1 e "N.capitolo".5.4.4 per quanto applicabili.

- Le tratte di cavidotti devono essere tappate a tenuta dopo lo sfilamento dei cavi.

25.3.7 Entrate di cavi e di tubazioni negli edifici

- Per le entrate di cavi e di tubazioni si dovranno utilizzare i fori ed i passaggi appositamente predisposti.
- Le entrate di cavi e di tubazioni negli edifici devono essere a tenuta di liquidi e di gas.
- I fori passanti nelle costruzioni devono essere realizzati mediante carotaggio.

25.3.8 Stesa e compattazione del terreno

Si potrà dare inizio al riempimento delle trincee per cavi solo quando le connessioni dei cavi e delle tubazioni nonché gli appoggi possono venire gravati con la pressione del suolo e le altre azioni che possono insorgere durante il riempimento.

25.4 Prestazioni accessorie, prestazioni particolari

25.4.1 Prestazioni accessorie

Prestazioni accessorie, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", sono in particolare:

- Verifica dello stato delle strade, della superficie del terreno e delle costruzioni esistenti nella zona dei lavori.
- Rimozione di arbusti ed alberi isolati con diametro non superiore a 0,1 m, misurato a 1 m di altezza dal suolo, con radici e ceppi, nonché di massi isolati, blocchi e residui di murature con volume fino a 0,3 m³, per la predisposizione del piano di lavoro.
- Pulizia dei punti di connessione con cavi, tubazioni e canalette esistenti nonché di pozzetti, camerette e simili.
- Calibratura e pulizia dei sistemi di tubazioni per cavi predisposti dall'Appaltatore.

25.4.2 Prestazioni particolari

Prestazioni particolari, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", sono per esempio:

- Prestazioni connesse con le misure indicate ai punti "N.capitolo".3.1.3, "N.capitolo".3.1.4, "N.capitolo".3.1.6, "N.capitolo".3.1.7, 6.3.1.9, "N.capitolo".3.1.10, "N.capitolo".3.2.5, "N.capitolo".3.3.6, 6.3.4.4, "N.capitolo".3.4.5, 6.3.5.3.5 e "N.capitolo".3.5.3.7.
- Verifiche dello stato di fatto eccedenti le prestazioni indicate al punto "N.capitolo".4.1.1.
- Rimozione di arbusti ed alberi isolati, fatta eccezione per le prestazioni indicate al punto "N.capitolo".4.1.2.
- Predisposizione di aree di deposito e di parcheggio su fondi di proprietà di terzi.
- Eliminazione e conferimento a discarica di materiali e manufatti non riutilizzabili, nella misura in cui la loro carente qualità non sia imputabile all'Appaltatore.
- Smontaggio e ripristino di recinzioni, arredi urbani, pali, equipaggiamenti per il traffico e simili nonché tutte le misure di protezione connesse.
- Trasporti connessi con la resa di materiali e manufatti non utilizzati, messi a disposizione dal Committente ovvero rimossi in cantiere e di proprietà del Committente.

- Protezione di scarpate e di superfici, ad esempio con teli.
- Pulizia di materiali e manufatti insudiciati, messi a disposizione dal Committente, nella misura in cui l'insudiciamento non sia imputabile all'Appaltatore.
- Corresponsione di diritti ed imposte per i per messi e le concessioni pubbliche nonché per i collaudi e le verifiche prescritte.
- Predisposizione, nolo e rimozione di barriere e pavimentazioni per favorire il traffico pubblico e dei confinanti, in particolare a seguito di ordinanze delle autorità competenti.
- Calibratura e pulizia dei sistemi di tubazioni per cavi esistenti.
- Sgombero della neve e smussamento di superfici ghiacciate per il mantenimento del traffico.
- Rilievo dei rami delle condutture, predisposizione dei disegni dello stato di fatto, montaggio di cartelli indicatori ed applicazione di contrassegni lungo le linee.

25.5 Contabilizzazione

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

25.6 Generalità

- Le quantità delle demolizioni vanno rilevate in sito in base alle superfici o ai volumi delle pavimentazioni o dei manufatti non ancora smossi.
- Le quantità dei riporti vanno rilevati sulle opere finite secondo profilo e compattate.

25.6.1 Per opere da contabilizzare a volume (m³)

- Per la contabilizzazione dello scavo e del riempimento sarà considerata la sezione tipo di progetto e la lunghezza misurata lungo l'asse della condotta. Nei tratti con più di una condotta, sarà considerata la lunghezza di quella più lunga. Allarghi degli scavi oltre alla sezione tipo saranno considerate secondo le misure rilevate in sito solo se richiesti dal Committente ovvero se necessari per il buon esito dei lavori.

25.6.2 Per opere da contabilizzare a lunghezza (m)

- Per la contabilizzazione delle trincee e del riempimento sarà considerata la lunghezza misurata lungo l'asse della condotta. Nei tratti con più di una condotta, sarà considerata la lunghezza di quella più lunga.
- La lunghezza sarà misurata lungo l'asse dei manufatti; non verranno portati in detrazione fughe, connessioni, pezzi speciali e simili.
- I cavi saranno misurati secondo il loro sviluppo effettivo, comprensivo delle maggiorazioni occorrenti per riserve o connessioni.

25.6.3 Per opere da contabilizzare a superficie (m²)

- Vuoti o elementi incorporati con superficie singola fino a 1 m² non saranno portati in detrazione. Qualora il vuoto o l'elemento incorporato interessi superfici adiacenti da contabilizzare distintamente, per la determinazione delle detrazioni da operare, si terrà conto della rispettiva quota di pertinenza del vuoto o dell'elemento incorporato.

- Non saranno portate in detrazione le fughe. Rotaie o guide non saranno portate in detrazione solo se su ambedue i lati delle stesse viene posato lo stesso tipo di pavimentazione.
- Superfici isolate fino a $0,50 \text{ m}^2$ saranno considerate pari a $0,50 \text{ m}^2$.

25.6.4 Per opere da contabilizzare a massa (kg, t)

Per opere da contabilizzare a massa (kg, t), questa verrà determinata mediante pesatura. Faranno fede i verbali di pesatura verificati dal Direttore dei Lavori.

26 LAVORI DI DEMOLIZIONE E RIDUZIONE

26.1 Campo di applicazione

- Le presenti DTC "Lavori di demolizione e di riduzione" si applicano alla demolizione parziale o totale alla riduzione di costruzioni o di impianti tecnici. Esse si applicano anche al trasporto, al deposito ed al caricamento degli impianti demoliti o ridotti ovvero dei materiali ed agli elementi risultanti da tali lavori.
- Le presenti DTC non si applicano a:
 - lavori in terra (vedi DTC „Lavori in terra“) nonché
 - estirpazione di piante (vedi DTC „Opere di costruzione del paesaggio“).
- A titolo integrativo sono applicabili le DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia". In caso di discordanza prevalgono le prescrizioni specifiche delle presenti DTC.

26.2 Materiali, elementi costruttivi

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

- I materiali e gli elementi di risulta dai lavori di demolizione e di riduzione non diventano proprietà dell'Appaltatore.
- Per la classificazione dei materiali di risulta si applica l'elenco armonizzato dei rifiuti secondo il „Catalogo Europeo dei Rifiuti“ (CER), ripreso nella Legge Provinciale N. 4 del 26/05/2006 sulla gestione dei rifiuti e la tutela del suolo.

26.3 Esecuzione

Ad integrazione di quanto indicato nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", vale quanto segue:

26.3.1 Generalità

L'Appaltatore dovrà predisporre il piano operativo di sicurezza con il programma delle demolizioni, da cui risulti la successione dei lavori, secondo articolo 151 del Decreto Legislativo 81/2008.

1. Per l'esecuzione vengono citate in particolare le seguenti norme tecniche di riferimento:
 - UNI EN 1997-1 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
 - UNI EN 1997-2 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
 - D.M. 14.01.2008 Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008 „Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni“
 - D.M. Infrastrutture e trasporti 31 Luglio 2012 Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
 - DIN 4123 Scavi di fosse, fondazioni e sottomurazioni in prossimità di costruzioni esistenti
 - UNI 9513 Vibrazioni e urti. Vocabolario.
 - UNI 9614 Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
 - UNI 9916 Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
 - DIN 18007 Lavori di demolizione - Definizioni, procedimenti, campi d'applicazione
 - DIN 18920 Tecnica agraria nella sistemazione paesaggistica – Protezione di alberi, piantagioni ed aree a verde durante i lavori di costruzione

2. Nel corso delle proprie verifiche l'Appaltatore dovrà formulare con tempestività le proprie obiezioni, in particolare nei seguenti casi:
 - divergenze tra stato di fatto ed indicazioni progettuali,
 - insufficiente portanza del terreno o del supporto.
3. Spetta all'Appaltatore la scelta delle procedure operative, dello svolgimento dei lavori nonché del tipo e dell'impiego dei mezzi d'opera. Egli dovrà comunque comunicare per iscritto al Committente la procedura operativa scelta e lo svolgimento dei lavori previsto.
4. Costruzioni soggette a danneggiamento devono essere protette; sono da applicare le seguenti norme. Per i provvedimenti di protezione e di salvaguardia per costruzioni, condotte, cavi, drenaggi e canali devono essere rispettate le prescrizioni dei proprietari o di altri aventi diritto. Le misure da adottare costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).
 - UNI EN 206-1 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
 - UNI EN 1997-1 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
 - UNI EN 1997-2 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
 - DIN 4123 Scavi di fosse, fondazioni e sottomurazioni in prossimità di costruzioni esistenti
5. Qualora la posizione di condotte, cavi, drenaggi, canali, capisaldi, ostacoli o di altre costruzioni esistenti non può essere indicata con certezza prima dell'esecuzione dei lavori, essa va individuata in tempo utile. Tale ricerca costituisce prestazione particolare (vedi punto 15.4.2.1).
6. Qualora vengano rinvenuti ostacoli imprevisi, come condotte, cavi, drenaggi, canali, capisaldi, ostacoli o altre costruzioni esistenti non indicati, il Committente ne dovrà essere tempestivamente informato. Le misure da adottare costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).
7. Gli alberi, le piantagioni e le aree a verde soggetti a danneggiamento devono essere protetti secondo le indicazioni della citata norma DIN 18920, fatte salve disposizioni diverse emanate dall'autorità competente. Tali misure protettive costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).

26.3.2 Preparazione dell'area di cantiere

1. Cippi e capisaldi geodetici potranno venire rimossi unicamente con l'espresso accordo del Committente. L'Appaltatore dovrà prendere tutte le misure perché i capisaldi predisposti dal Committente per l'esecuzione dei lavori siano perfettamente ricostruibili.
2. La vegetazione esistente non potrà essere rimossa in misura eccedente a quella concordata, se non col consenso del committente.

26.3.3 Esecuzione

1. I lavori devono essere eseguiti secondo le procedure descritte al punto 3.1.3. Crolli non controllati devono essere evitati con assoluta sicurezza. Per quanto necessario la stabilità delle opere deve essere verificata per ogni fase di lavoro.
2. L'appaltatore dovrà informare tempestivamente il committente di ogni imprevisto, per es. venute d'acqua, riflusso del terreno, efflusso di strati, danneggiamenti di costruzioni. In caso di pericolo imminente l'Appaltatore dovrà mettere in atto immediatamente tutte le misure di protezione occorrenti. Le ulteriori misure devono essere definite di comune accordo. Le misure messe in atto e quelle successive da intraprendere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1), nella misura in cui esse non siano da addebitare all'Appaltatore.

3. Qualora durante i lavori si riscontrano divergenze tra lo stato di fatto e le indicazioni di progetto, ad esempio con riguardo ai materiali, alle strutture, alle condizioni operative, ai sistemi statici, il Committente ne dovrà essere immediatamente informato. In caso di pericolo imminente l'Appaltatore dovrà mettere in atto immediatamente tutte le misure di protezione occorrenti. Le ulteriori misure devono essere definite di comune accordo. Le misure messe in atto e quelle successive da intraprendere costituiscono prestazioni particolari (vedi punto "N.capitolo".4.2.1).
4. L'acqua di risulta dai lavori di taglio mediante sega deve essere raccolta e smaltita. In corrispondenza degli angoli rientranti, i tagli eseguiti mediante sega in manufatti di materiali minerali potranno intaccare il manufatto stesso su una profondità corrispondente al suo spessore.
5. Tutti i materiali ed elementi di risulta dai lavori dovranno essere separati, conservati, raccolti e depositati distintamente secondo le prescrizioni sulla gestione dei rifiuti e quelle del Committente.

26.3.4 Trasporto e caricamento

1. Il carico, la ripresa ed il trasporto dei materiali e degli elementi di risulta dai lavori
 - su una distanza orizzontale di 50 m all'esterno degli edifici ovvero di 20 m all'interno di essi,
 - su una distanza verticale fino a 5 m o di 10 m in caso di impiego di scivoli o canali per macerie, nonché il deposito ed il carico diretto fanno parte delle prestazioni da fornire.
2. La scelta dei percorsi di trasporto spetta all'Appaltatore. Egli dovrà comunque scegliere il percorso più breve e proporlo per approvazione al Direttore dei lavori.

26.3.5 Scostamenti ammissibili

1. Qualora la procedura di lavoro non sia prescritta, sono ammessi i seguenti scostamenti dalle misure nominali:
 - per l'apertura di passaggi o fori: + 10 cm;
 - per l'apertura di scanalature: + 10 cm in larghezza e + 5 cm per la profondità;
 - per la demolizione di elementi facenti parte di costruzioni: + 10 cm.
2. Scagliature sulle opere rimaste in sito dovute al tipo ed alla struttura del materiale sono ammesse entro una distanza di 1 m dal limite della demolizione.
3. Per carotaggi predefiniti nelle dimensioni sono ammesse deviazioni massime dall'asse del foro fino a 5 mm per ogni 10 cm di profondità del foro.
4. Per tagli predefiniti, eseguiti mediante sega su elementi la cui planarità é conforme alle tolleranze definite nelle norme di seguito citate, sono ammessi i seguenti scostamenti delle misure nominali:
 - per tagli eseguiti mediante sega troncatrice su superfici piane:
 - sulla lunghezza del taglio: al massimo 3 cm rispetto al punto di estremità,
 - sulla profondità di taglio: al massimo 2 cm su ogni 30 cm,
 - dall'allineamento di taglio: 1,2 cm per lunghezze di taglio fino 3 m, 1,6 cm per lunghezze di taglio oltre a 3 m.
 - per tagli eseguiti mediante tagliamuri su superfici piane:
 - sulla lunghezza del taglio: al massimo 1 cm rispetto al punto di estremità,
 - sulla profondità di taglio: al massimo 2 cm su ogni 30 cm,
 - dall'allineamento di taglio: 1,2 cm.
 - per tagli eseguiti mediante cavo o filo diamantato:
 - sulla lunghezza del taglio: al massimo 1 cm rispetto al punto di estremità,

- dall'allineamento di taglio: 3 cm.

Dalle seguenti norme risultano le indicazioni sulla planarità ammissibile degli elementi:

UNI 10462 Elementi edilizi. Tolleranze dimensionali. Definizione e classificazione

DIN 18202, Tabella 3, riga 1 Tolleranze dimensionali nell'edilizia - Costruzioni

5. Rivestimenti e massetti galleggianti devono essere rimossi completamente, masse composite entro le seguenti tolleranze: nello spessore 5 mm, lungo i bordi 2 cm.

26.4 Prestazioni accessorie, prestazioni particolari

26.4.1 Prestazioni accessorie

Prestazioni accessorie, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto "N.capitolo".4.1, sono in particolare:

1. Ricognizione dello stato di strade, del terreno, di aree a verde, dei collettori e simili.
2. Limitazione dell'emissione di polvere mediante abbattimento con getti d'acqua, nella misura massima dell'impiego di un flessibile di tipo C per ogni luogo di emissione di polvere.
3. Montaggio e smontaggio nonché messa a disposizione di ponteggi con piani di lavoro ad una altezza non maggiore di 2 m sopra il terreno o il pavimento.
4. Rimozione di arbusti con altezza fino a 2 m ed alberi isolati con diametro non superiore a 0,1 m, misurato a 1 m di altezza dal suolo, con estirpazione dei ceppi e delle radici. Per le alberature a più fusti, come diametro sarà considerata la somma dei diametri dei singoli fusti.
5. Taglio di elementi d'acciaio rimasti sulle opere conservate, con sezione singola fino a 2 cm².
6. Raccolta e smaltimento delle acque risultanti dai lavori di idrodemolizione, di perforazione o di taglio mediante sega.

26.4.2 Prestazioni particolari

Prestazioni particolari, integrative rispetto a quelle indicate nelle DTC "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto "N.capitolo".4.2, sono per esempio:

1. Prestazioni connesse con le misure indicate ai punti "N.capitolo".3.1.4, "N.capitolo".3.1.5, "N.capitolo".3.1.6, "N.capitolo".3.1.7, "N.capitolo".3.3.2 e "N.capitolo".3.3.3.
2. Misure particolari per la ricognizione dello stato delle costruzioni e degli impianti tecnici nonché delle strade e degli impianti di alimentazione e di smaltimento prima dell'inizio dei lavori.
3. Montaggio e smontaggio nonché messa a disposizione dei ponteggi con piani di lavoro ad una altezza maggiore di 2 m sopra il terreno o il pavimento.
4. Protezione, taglio ed occlusione di condotte di alimentazione e di smaltimento obsolete e fuori servizio.
5. Rimozione di arbusti ed alberi isolati, fatta eccezione per le prestazioni indicate al punto "N.capitolo".4.1.4.
6. Misure particolari per la riduzione del carico da rumore, ad esempio costruzione di muri o diaframmi antirumore.
7. Misure particolari per la limitazione dell'emissione di polvere, ad esempio mediante cortine d'acqua, lance d'acqua, paratie di muri o diaframmi antipolvere, fatta eccezione per le prestazioni indicate al punto "N.capitolo".4.1.2.
8. Smontaggio, rimozione, protezione e trasporto di elementi da conservare o da recuperare.

9. Misure particolari per la protezione di parti di costruzioni o di impianti tecnici nonché di arredi, in genere, ad esempio mascheratura di serramenti, pavimentazioni, rivestimenti, scale, elementi di legno, protezione dalla polvere di dispositivi ed apparecchi tecnici delicati, stesa di lastre o teli di protezione.
10. Predisposizione e consegna di calcoli statici e degli elaborati grafici occorrenti per costruzioni o elementi da conservare o adiacenti.
11. Misure di protezione per le opere da conservare o adiacenti, nella misura che tali misure non siano ascrivibili all'operato dell'Appaltatore.
12. Realizzazione di coperture e di parapetti di protezione dopo l'ultimazione dei lavori di demolizione e di riduzione.
13. Taglio di elementi d'acciaio rimasti sulle opere conservate, con sezione singola maggiore di 2 cm².
14. Trasporto dei materiali su distanze maggiori di quelle indicate al punto "N.capitolo".3.4.1.

26.4.3 Contabilizzazione

Ad integrazione di quanto indicato nelle "Regole generali per lavori di costruzione di qualsiasi tipologia", punto 1.5, vale quanto segue:

26.4.4 Generalità

1. Per determinare le prestazioni fornite, indipendentemente se da disegno o da rilievo in sito, vanno presi in considerazione le dimensioni delle costruzioni e degli impianti tecnici da demolire.
2. Per le opere da contabilizzare a massa, questa sarà determinata mediante pesatura; vanno prese in considerazione le bolle di pesatura verificate dal Direttore dei Lavori.
3. Per demolizioni vuoto per pieno s'intende il volume del massimo ingombro effettivo dell'opera a partire dall'estradosso dei pavimenti più bassi. La parte sottostante viene compensata separatamente.
4. Per lavori di carotaggio è da considerare una lunghezza minima di contabilizzazione pari a 10 cm per ogni foro. Interruzioni fino a 15 cm di profondità del foro non verranno portate in detrazione.
5. Per la contabilizzazione a superficie di tagli mediante sega in base alla lunghezza ed alla profondità di taglio, per opere di calcestruzzo o di muratura è da considerare una profondità minima di contabilizzazione pari a 3 cm.

27 MURATURE E TAVOLATI

27.1 DEFINIZIONE E SCOPO

La presente specifica tecnica ha lo scopo di fissare i criteri generali tecnico costruttivi per la esecuzione il controllo e il collaudo di opere di strutture in murature portante e/o tamponamenti e tavolati.

Le opere e le strutture in murature sono considerate quelle costituite da elementi resistenti collegati fra loro tramite malta.

27.2 MATERIALI E TIPOLOGIE DI MURATURE

27.2.1 Malte

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi, non deve essere aggressiva né contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa. La sabbia da impiegare per il confezionamento delle malte deve essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose.

Le calce aeree, le pozzolane ed i leganti idraulici devono possedere caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (regii decreti 16-11-1939, n. 2231 e n. 2230; legge 26-5-1965, n. 595, decreto ministeriale 14-1-1966, decreto ministeriale 3-6-1968, decreto ministeriale 31-8-1972 e successive integrazioni o modificazioni).

L'impiego di malte premiscelate e premiscelate pronte per l'uso è consentito purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel decreto ministeriale 3-6-1968.

I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente:

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M4	Idraulica	/	/	1	3	/
M4	Pozzolanica	/	1	/	/	3
M4	Bastarda	1	/	2	9	/
M3	Bastarda	1	/	1	5	/
M2	Cementizia	1	/	0,5	4	/
M1	Cementizia	1	/	/	3	/

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce area con funzione plastificante. Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente

sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

12 N/mm² [120 kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M1

8 N/mm² [80 kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M2

5 N/mm² [50 kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M3

2,5 N/mm² [25 kgf/cm²] per l'equivalenza alla malta M4

27.2.2 Muratura costituita da elementi resistenti artificiali

La muratura è costituita da elementi resistenti aventi generalmente forma parallelepipedica, posti in opera in strati regolari di spessore costante e legati tra di loro tramite malta. Gli elementi resistenti possono essere in:

- 1 - laterizio normale;
- 2 - laterizio alleggerito in pasta;
- 3 - calcestruzzo normale;
- 4 - calcestruzzo alleggerito.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale) oppure in direzione parallela (elementi a foratura orizzontale).

Elementi resistenti in laterizio

Si distinguono le seguenti categorie in base alla percentuale di foratura φ ed all'area media della sezione normale di un foro f :

Elementi pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 9 \text{ cm}^2$
Elementi semipieni $15\% < \varphi \leq 45\%$ $f \leq 12 \text{ cm}^2$		
Elementi forati	$45\% < \varphi \leq 55\%$ $f \leq 15 \text{ cm}^2$	

La percentuale di foratura è espressa dalla formula seguente:

$$\varphi = 100 F/A$$

in cui:

F = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti

A = area lorda della faccia delimitata dal suo perimetro

La distanza minima tra un foro ed il perimetro esterno non potrà essere inferiore a cm 1,0, al netto dell'eventuale rigatura, mentre la distanza fra due fori non potrà essere inferiore a cm 0,8 con una tolleranza del 10%.

Per elementi da parametro la distanza fra un loro ed il perimetro esterno deve essere di almeno cm 1,5, per elementi lisci, e di cm 1,3 per elementi rigati, al netto della rigatura.

27.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Tutte le murature dovranno essere realizzate secondo i disegni di progetto nonché, per le strutture resistenti, secondo gli esecutivi che l'Appaltatore sarà tenuto a fornire od a verificare a norma delle disposizioni generali sull'argomento.

Nella costruzione delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, la formazione di voltine, piattabande, archi e verranno lasciate tutte le necessarie rilevazioni tecniche degli impianti.

La costruzione delle murature dovrà iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia tra le varie parti di esse ed evitando, nel corso dei lavori, la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione. La muratura procederà a file allineate, coi piani di posa normali alle superfici viste. I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, quando la temperatura si mantenesse, per molte ore, al di sotto di 0°C.

Le facce delle murature in malta dovranno essere mantenute bagnate secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

27.3.1 Muratura di mattoni

La muratura di mattoni dovrà essere eseguita con materiale rispondente alle normative in vigore. I laterizi, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione, per immersione prolungata in appositi recipienti e mai per asperione.

La posa in opera dovrà avvenire con le connessure alternate, in corsi orizzontali e normali alle superfici esterne, i mattoni saranno posati sopra un adeguato strato di malta e premuti sopra (mai battuti con martello) onde provocare il refluimento della malta ed il riempimento delle connessure. La larghezza delle connessure sarà compresa tra 5 e 8 mm, secondo le malte impiegate; per i tipi a paramento sarà costante di 5 mm.

Le malte da impiegarsi dovranno pertanto, se necessario, essere setacciate onde evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori ai limiti di tolleranza precedentemente fissati.

27.3.2 Muratura portante

Se non diversamente disposto, dovrà essere esclusivamente eseguita con mattoni corrispondenti alle norme di cui all'Allegato I del D.M. 24 gennaio 1986.

I mattoni dovranno essere di ottima scelta, perfettamente spigolati, bagnati a saturazione e ben premuti sullo strato di malta che sarà di tipo idraulica o bastarda cementizia.

Le superfici contro terra dovranno sempre essere intonacate con malta cementizia con spessore non inferiore ad 1 cm.

Nelle volte, lunette, archi, ecc., le connessure saranno disposte nella direzione precisa del raggio (o dei raggi) di curvatura dell'intradosso e la costruzione dovrà procedere gradatamente e di conserva sui due fianchi. Le centine dovranno essere caricate in chiave per impedire lo sfiancamento.

Le connessure non dovranno mai eccedere la larghezza di 5 mm all'intradosso e di 10 mm all'estradosso. Le imposte saranno ben collegate con i muri ed eseguite contemporaneamente.

27.3.3 Tavolati

Le pareti ad una testa ed in foglio verranno eseguite con pezzi scelti, esclusi i rottami e quelli comunque deteriorati o danneggiati.

Tutte le pareti saranno eseguite con le migliori regole dell'arte, a corsi orizzontali ed a perfetto filo, per evitare la necessità di forte impiego di malta per l'intonaco.

Le pareti saranno perfettamente ammorsate tra di loro e ben collegate alle altre pareti portanti o di tamponamento; eventuali lati liberi dovranno essere riquadrati con telai in legno od in acciaio.

Quando una parete dovesse eseguirsi fino all'intradosso del solaio soprastante, la chiusura dell'ultimo corso sarà ben serrata, se occorre dopo congruo tempo, con scaglie e malta o sola malta secondo prescrizione.

27.3.4 Pareti in tabelle prefabbricate vibro-compresse.

Saranno realizzate con l'osservanza delle prescrizioni di cui ai precedenti punti. Per la costruzione delle spalle delle porte saranno impiegati elementi speciali che presentino tutte le facce viste piane e che risultino ben collegabili alla struttura. La malta di allettamento sarà del tipo cementizio dosata a 400 Kg di cemento.

27.3.5 Pareti in mattoni laterizi.

Si rimanda, per le norme generali di esecuzione, al precedente punto. I mattoni, pieni o forati secondo quanto prescritto, dovranno essere integri e perfettamente squadriati, escludendosi l'impiego di rottami, pezzi di mattone, nonché di elementi con spigoli danneggiati. Le murature dovranno essere idoneamente collegate tra loro ed alle strutture portanti o di tamponamento; i corsi saranno sempre orizzontali ed a

due fili con giunti alternati nei corsi successivi. La chiusura a soffitto delle pareti in foglio, per spessori non superiori a 3 cm, verrà effettuata con sola malta bastarda o cementizia.

27.3.6 Murature con paramenti faccia vista

Tutte le murature non soggette a rivestimento potranno venire richieste con la lavorazione dei paramenti, nei tipi di seguito indicati od altri particolari che potranno essere prescritti in Elenco od ordinati dalla Direzione Lavori

Resta in ogni caso stabilito che l'Appaltatore, prima di dar mano alle murature ed ai relativi paramenti, dovrà apprestare, a propria cura e spese, apposite campionature che saranno sottoposte all'approvazione della Direzione.

27.3.7 Mattoni pieni.

Salvo l'uso di laterizi o mattoni speciali, questo tipo di paramento verrà eseguito con i mattoni di cui al punto 7.1 Cap I., di categoria non inferiore alla 3. I mattoni presenteranno tinta uniforme, dimensioni costanti, spigoli dritti e vivi e caratteristiche superficiali (lisci, scabri o sabbiati) e cromatiche come richiesto dalla Direzione Lavori. I mattoni saranno disposti con perfetta regolarità di connessioni, sia orizzontali che verticali; la larghezza delle stesse sarà di 5 mm salvo diversa disposizione; la profilatura dei giunti potrà venire ordinata secondo 5 tipi (concavo, angolato a U, spatolato a gocciolatoio o sub-verticale, incavato, retto) e verrà eseguita con malta cementizia dosata a 500 Kg di cemento. Si riportano, nella figura che segue, alcuni tipi di paramento che potranno essere richiesti. Blocchi in conglomerato cementizio e argilla espansa

Nella posa in opera a faccia vista di murature portanti, tamponamenti e divisori in blocchi di conglomerato cementizio e/o in blocchi di conglomerato cementizio alleggerito con argilla espansa si deve procedere come segue:

- il trasporto, lo scarico e la movimentazione di cantiere va eseguito con la massima cura per evitare danneggiamento e sbeccature ai blocchi,
- è necessario un accurato accatastamento e il materiale deve essere protetto dalle intemperie. e da imbrattature oltre che isolato da terra,
- i blocchi alleggeriti con argilla espansa non vanno bagnati prima della posa,
- le murature durante l'esecuzione deve essere protetta dagli agenti atmosferici,
- la malta in presenza di blocchi colorati deve essere premiscelata e colorata con gli stessi ossidi del blocco da posare,
- a lavoro ultimato si deve procedere alla pulizia accurata del muro,
- i giunti devono essere accuratamente stilati.

27.4 PROVE E COLLAUDI

In caso d'opera la Direzione lavori procederà ad accertare la esecuzione a regola d'arte e secondo le normative vigenti e di quanto previsto nel progetto di tutte le opere in muratura come segue:

- ispezione generale dell'opera con riguardo alle lavorazioni con posa in faccia vista,
- esame dei certificati dei materiali impiegati,
- prove di carico sulle strutture portanti,
- saggi sulle murature eseguite per determinare le caratteristiche meccaniche. Tutti gli oneri derivanti dall'effettuazione dei suddetti controlli, sia per le prove di laboratorio che per le prove di carico in cantiere sono a completo carico dell'Appaltatore.

28 PANNELLI METALLICI SANDWICH

E' previsto l'impiego di pannelli metallici a doppia lamiera coibentati per la formazione di pareti di tamponamento esterne.

I pannelli di tamponamento esterni dovranno assicurare L'assoluta tenuta agli agenti atmosferici, pioggia, neve, ghiaccio, grandine ecc.

I giunti parete/parete, parete/plafone, parete/pavimento, saranno realizzati con profilati pressopiegati in

lamiera d'acciaio preverniciata (pv) fissati con rivetti e/o viti I pannelli di tamponamento interni resistenti al fuoco dovranno assicurare i seguenti minimi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto ai precedenti:

Lo spessore di pannelli dovrà essere minimo di 4 cm, a giunto incastrato per le aree a temperatura di esercizio 0°/+5°.

Le lamiere grecate ed i pannelli metallici coibentati vengono utilizzati per pareti, coperture e solai di edifici civili ed industriali. Gli standards qualitativi fanno riferimento alle normative tecniche nazionali e alle norme europee armonizzate di prodotto, valevoli per l'acquisizione della Marcatura CE: o UNI EN 14782:2006 e UNI EN 14783:2006 per le lamiere grecate, UNI EN 14509:2007 per i pannelli metallici coibentati con doppia lamiera e ETAG 016 per i pannelli metallici coibentati monolamiera.

RIF.	MATERIALI	NORMATIVA	RIFERIMENTO	VALORE-NOTE
1.1 CARATTERISTICHE				
1.1.1	Acciaio al carbonio	UNI EN 14782:2006		
		UNI EN 14783:2006		
		UNI EN 508-1:2002	3.2 e 4.2	
		UNI EN 10326:2004	5.1 e 7.	S250GD DM (carico di snervamento min = 250 N/mm ²)
		UNI EN 10327:2004	5.1 e 7.	Acciai non strutturali
		UNI 10372:2004	8.1.4	
1.1.2	Alluminio	UNI EN 14782:2006		
		UNI EN 14783:2006		
		UNI EN 508-2:2002	3.2 e 4.2	Leghe: dichiarazione della Venditrice (carico di rottura min = 150 MPa)
		UNI 10372:2004	8.1.2	
		UNI EN 573-3:1996	3.	
		UNI EN 1396:1998	5.	
1.1.3	Acciaio inox	UNI EN 14782:2006		
		UNI EN 14783:2006		
		UNI EN 508-3:2002	3.2 e 4.2	Tipo 1.3401 (AISI 304)

		UNI 10372:2004	8.1.3	
		UNI EN 10088-1:2005	4.	
		UNI EN 10088-2:2005	6.	
1.1.4	Rame	UNI EN 14782:2006		
		UNI EN 14783:2006		
		UNI EN 506:2002	3.2 e 3.4	Tipo: dichiarazione della Venditrice (salvo richiesta specificata dell'Acquirente e accettata dalla Venditrice)
		UNI 10372:2004	8.1.1	
		UNI EN 1172:1998	4 – 5 – 9	
		UNI EN 1173:1998	3.	
		UNI EN 1412:1998	4.	
1.1.5	Rivestimenti metallici	UNI EN 508-1:2002	3.2 e 3.4	
		UNI EN 10326:2004	7.	
		UNI EN 10327:2004	7.	
		UNI 10372:2004	8.1.4	Compresi rivestimenti differenziati
1.1.6	Rivestimenti organici (preverniciato e plastificato)	UNI EN 10169-1:2007		
		UNI ENV 10169-2:2003		
		UNI EN 10169-3:2006		
		UNI EN 508-1-2-3:2002	Allegato B	
		UNI 10372:2004	8.1.4.3	
		UNI EN 1396:1998	6.	

2.1.1	Paramenti metallici rigidi	Valgono gli stessi riferimenti di cui al precedente punto 1.1 (sono escluse le prescrizioni specifiche della UNI EN 14782:2006 e della UNI EN 14783:2006)		
2.1.2	Coibenti			
2.1.2.1	Materie plastiche cellulari rigide	UNI EN 13165:2006	PUR e PIR	
		UNI EN 13164:2006	Polistirene	
		UNI EN 13172:2003	Valutazione e conformità	
2.1.2.2	Fibre minerali	UNI EN 13162:2003		
2.2	TOLLERANZE DIMENSIONALI			
2.2.1	Paramenti metallici rigidi	Valgono le stesse normative, riferimenti, valori e note di cui al precedente punto 1.2		
2.2.2	Pannello	UNI EN 14509:2007	Allegato D	
2.2.3	Bolle	Si definiscono bolle le zone convesse con mancanze di aderenza coibente – paramento. In assenza di normativa, si ritiene che, sulla base dell'esperienza acquisita, eventuali bolle fino al 5 % dell'area del singolo pannello e con dimensioni massime per bolla di 0.2 m², non possano presumibilmente pregiudicare la funzionalità del pannello. Quanto sopra è da ritenersi valido per i pannelli in cui il coibente abbia anche la funzione di trasmettere i carichi.		
2.3	REQUISITI			
2.3.1	Prestazioni	UNI EN 14509:2007	Punti 5 e 6	
		UNI 10372:2004	Punto 8.1.6	
		Direttiva 89/106/CEE	Allegato 1	Valori dichiarati dalla Venditrice ai fini della Marcatura CE
2.3.2	Metodi di prova	UNI EN 14509:2007	Allegato A	
2.3.3	Durabilità	UNI EN 14509:2007	Allegato B	
2.3.4	Comportamento al fuoco	UNI EN 14509:2007	Allegato C	
2.3.5	Procedure per il calcolo	UNI EN 14509:2007	Allegato E	
2.3.6	Ispezione e manutenzione	UNI 10372:2004	Cap.11	
		Condizioni generali di vendita AIPPEG	Allegato D	

RACCOMANDAZIONI DI MONTAGGIO

Le presenti Raccomandazioni intendono fornire un supporto informativo di riferimento per il montaggio delle lamiere grecate e dei pannelli metallici coibentati. Sono comunque integrative della norma UNI 10372:2004 "Coperture discontinue - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione con elementi metallici in lastre".

Ogni lavoro deve tener conto delle esigenze dello specifico cantiere, che sarà dotato delle attrezzature idonee per la movimentazione e la posa in opera, in conformità alla vigente normativa sulla sicurezza e

sull'antinfortunistica.

L'impresa preposta alla messa in opera delle lamiere grecate/pannelli, oltre che conoscere le caratteristiche dei materiali impiegati, deve disporre di manodopera qualificata e adeguata al lavoro di cantiere assicurando la corretta esecuzione dell'opera conformemente alle specifiche di progetto.

GLI ELEMENTI COSTRUTTIVI

Le lamiere grecate/pannelli trovano impiego nell'edilizia civile ed industriale per la realizzazione di coperture, pareti e solai; vengono montate su ogni tipo di struttura di sostegno: carpenteria metallica, cemento armato normale e precompresso, legno.

Le strutture di sostegno ed i relativi dispositivi di fissaggio con le lamiere grecate/pannelli devono essere adeguatamente dimensionati e devono soddisfare le previste condizioni di progetto in quanto a sicurezza, stabilità e funzionalità.

Le lamiere grecate ed i pannelli metallici coibentati risultano di rapida ed agevole messa in opera, con la possibilità di coprire in un'unica tratta l'intera lunghezza della falda di copertura ossia l'intera altezza della parete o più campate del solaio. La lunghezza degli elementi metallici è condizionata prevalentemente da esigenze di trasporto e movimentazione, nonché dalla natura del materiale impiegato e dalla tecnologia di produzione.

E' opportuno che le superfici di appoggio siano compatibili con l'utilizzo e le modalità di fissaggio delle lamiere grecate e dei pannelli metallici coibentati.

OPERAZIONI PRELIMINARI

Prima di intraprendere il lavoro di montaggio in cantiere, l'installatore deve:

- 1 - visionare gli elaborati di progetto ed attenersi alle relative prescrizioni
- 2 - procedere alla verifica degli allineamenti delle strutture di sostegno delle lamiere grecate/pannelli
- 3 - controllare che le superfici delle strutture di sostegno, le quali verranno a contatto con le lamiere grecate/pannelli, siano compatibili tra loro o altrimenti protette da possibili corrosioni per effetto elettrochimico
- 4 - assicurarsi che non sussistano interferenze con linee elettriche aeree nella zona di manovra delle lamiere grecate/pannelli
- 5- accertarsi che il lavoro a pie d'opera e in quota sia compatibile con le altre attività di cantiere
- 6- verificare l'idoneità dell'area di cantiere per il deposito e la movimentazione del materiale, onde questo non abbia a subire danni.

L'installatore deve effettuare tutte le operazioni di montaggio in conformità e nel rispetto delle vigenti norme di sicurezza.

Il personale addetto alla posa in opera deve essere equipaggiato con calzature aventi suole che non provochino danni al paramento esterno. Per le operazioni di taglio in cantiere devono essere utilizzati attrezzi idonei (seghetto alternativo; cesoia, roditrice, ecc.). Si sconsiglia l'uso di attrezzi con dischi abrasivi.

Per le operazioni di fissaggio è opportuno utilizzare un avvitatore con limitazione di coppia, operando preliminarmente al fissaggio dei prefori sui pannelli per evitare la deformazione dei pannelli in corrispondenza delle viti/tasselli di fissaggio.

E' necessario eseguire, per i pannelli di copertura in particolare, una perfetta sovrapposizione e accostamento degli elementi per evitare fenomeni di condensa.

PARETI

Si riportano i punti essenziali di una corretta sequenza di montaggio.

A) Lamiera grecata semplice e sandwich monolitico prefabbricato

1 - Posa della lattoneria di base (quando prevista) al piede della parete allineata con il piano dell'orditura di sostegno, nonché della lattoneria che necessariamente deve essere installata prima della parete (gocciolatoio superiore ai serramenti, raccordi con le aperture, cantonali interni, ecc.), previa asportazione dell'eventuale film di polietilene di protezione.

2 - Asportazione dell'eventuale film di protezione dall'elemento di parete.

3 - Posa degli elementi a partire dal piede della parete, avendo cura di eseguire la corretta giunzione ed allineamento degli stessi e di verificare la loro messa a piombo.

4 - Fissaggio sistematico degli elementi in opera, previa verifica del perfetto accostamento degli stessi.

5 - Nel caso in cui l'altezza della parete o la natura del materiale implicino la necessità di eseguire la posa di successive file di elementi in sviluppo verticale, la giunzione avviene in corrispondenza di un corrente dell'orditura ed occorre operare come segue:

- pannello piano: accostamento di testa con interposizione di una lattoneria di raccordo (scossalina) opportunamente sagomata

- pannello grecato e lamiera grecata: come pannello piano oppure mediante sormonto.

6 - Posa degli elementi di completamento (cantonali, bordature perimetrali, raccordi con la copertura e le aperture, ecc.).

7 - Controllo generale e pulizia della parete, con particolare attenzione ai fissaggi ed ai raccordi con la serramentistica e con gli altri componenti la parete stessa. Nel caso di pareti con lamiere grecate/pannelli a posizionamento orizzontale, occorre fare riferimento alle indicazioni di progetto. La pulizia della parete dovrà essere tassativamente eseguita alla fine di ogni giornata di lavoro.

B) Sandwich eseguito in opera a lamiera grecate parallele

- 1 - Montaggio della lattoneria di base (quando prevista) e delle eventuali scossaline di raccordo: può essere eseguito, come da progetto, prima della posa della lamiera interna o prima della posa della lamiera esterna, previa asportazione dell'eventuale film di protezione.
- 2 - Asportazione dell'eventuale film di protezione dall'elemento di parete.
- 3 - Posa degli elementi a partire dal piede della parete, avendo cura di eseguire la corretta giunzione ed allineamento degli stessi e di verificare la loro messa a piombo.
- 4 - Fissaggio sistematico degli elementi in opera, previa verifica del perfetto accostamento degli stessi.
- 5 - Nel caso in cui l'altezza della parete o la natura del materiale implicino la necessità di eseguire la posa di successive file di elementi in sviluppo verticale, la giunzione avviene mediante sovrapposizione dei medesimi elementi di parete in corrispondenza di un corrente della orditura.
- 6 - Posa dei distanziali rigidi opportunamente dimensionati e posizionati come da progetto. Nel caso di distanziali metallici, è opportuno prevedere la realizzazione di un taglio termico tra gli stessi distanziali e la lamiera grecata esterna. Qualora la struttura secondaria di sostegno consenta il diretto alloggiamento della lamiera interna, risultano superflui i citati distanziali rigidi.
- 7 - Posa in opera del coibente (avendo cura di assicurare l'uniformità dell'isolamento termico) e di eventuali strati con funzione specifica (ad es. barriera al vapore, strato separatore, ecc. secondo le particolari necessità dell'uso dell'edificio). Detta operazione deve essere eseguita contestualmente alla posa della lamiera interna.
- 8 - Posa della lamiera esterna secondo le successioni da 2. a 5. della voce B.1).
- 9 - Posa degli elementi di completamento (cantonali, bordature perimetrali, raccordi con la copertura e con le pareti, ecc.).
- 10 - Controllo generale e pulizia della parete, con particolare attenzione ai fissaggi ed ai raccordi con la serramentistica e con gli altri componenti la parete stessa.

La pulizia della parete dovrà essere tassativamente eseguita alla fine di ogni giornata di lavoro.

C) Sandwich eseguito in opera a lamiere grecate incrociate

- 1 - Asportazione dell'eventuale film di protezione dall'elemento di parete e dagli accessori.
- 2 - Posa delle lamiere a partire dal piede della parete, avendo cura di eseguire la corretta giunzione ed allineamento delle stesse.
- 3 - Fissaggio sistematico degli elementi in opera, previa verifica del perfetto accostamento degli stessi.
- 4 - Posa degli elementi di lattoneria riguardanti la prima lamiera (raccordi; elementi speciali).

5 - Posa dei distanziali rigidi opportunamente dimensionati e posizionati come da progetto. Nel caso di distanziali metallici è opportuno prevedere la realizzazione di un taglio termico tra gli stessi distanziali e la lamiera grecata esterna. Nel caso in cui la lamiera interna sia costituita da doghe, non sono necessari i distanziali ma è sempre opportuno prevedere la realizzazione di un taglio termico.

6 - Posa della lattoneria di base (quando prevista) al piede della parete.

7 - Posa in opera del coibente (avendo cura di assicurare l'uniformità dell'isolamento termico) e di eventuali strati con funzione specifica (ad es. barriera al vapore, strato separatore, ecc. secondo le particolari necessità dell'uso dell'edificio): Detta operazione deve essere eseguita contestualmente alla posa della lamiera esterna.

8 - Posa della lamiera esterna secondo le successioni da 2. a 5.

9 - Posa degli elementi di completamento (cantonali, bordature perimetrali, raccordi con la copertura e con le pareti, ecc.).

10 - Controllo generale e pulizia della parete, con particolare attenzione ai fissaggi ed ai raccordi con la serramentistica e con gli altri componenti la parete stessa.

La pulizia della parete dovrà essere tassativamente eseguita alla fine di ogni giornata di lavoro.

4.7.7 DISPOSITIVI DI FISSAGGIO

I dispositivi di fissaggio costituiscono parte essenziale del sistema di parete. È pertanto necessario adottare i dispositivi di fissaggio specificati dal produttore di lamiere grecate/pannelli.

Un corretto montaggio deve prevedere per le pareti:

- paramento esterno: vite con guarnizione
- paramento interno: vite con eventuale guarnizione
- pannelli monolitici prefabbricati con fissaggio "nascosto": gruppo di fissaggio specifico

La densità e il posizionamento dei fissaggi e funzione delle caratteristiche dell'elemento costruttivo, del tipo e dimensione dei sostegni, della situazione climatica locale (ventosità in particolare).

Nelle situazioni più ricorrenti il fissaggio delle lamiere grecate/pannelli viene effettuato mediante viti che si differenziano in funzione del tipo di struttura di sostegno.

Fissaggio su carpenteria metallica: viti autofilettanti e viti auto formanti / automaschianti (in funzione dello spessore del supporto) viti auto perforanti, e fatto divieto di usare chiodi sparnati ganci filettati con dado (in genere per ancoraggi su elementi tubolari).

Fissaggio su carpenteria di legno: viti a legno ganci filettati

Fissaggio su c.a. e su c.a.p.: Viene realizzato su elementi di supporto di acciaio o legno mediante le tipologie di cui ai punti precedenti. Non è consigliabile il fissaggio diretto su c.a. e su c.a.p.

ELEMENTI DI COMPLETAMENTO

Gli elementi di completamento risultano parte integrante dell'opera e concorrono in maniera determinante ad assicurare le caratteristiche prestazionali di progetto. Tra gli elementi di completamento sono comprese le guarnizioni variamente sagomate, le lattonerie tradizionali e speciali (colmi, colmi sagomati, sottocolmi, canali di gronda, compluvi, imbuti dei pluviali, scossaline, frontalini silhouette, gocciolatoi, finitura overlap dei bordi, ecc.), le lastre traslucide, i cupolini, gli aeratori, la serramentistica e la componentistica accessoria.

29 MASSETTI E SOTTOFONDI

29.1 DEFINIZIONE E SCOPO

Le opere di sottofondo e massetti dovranno essere eseguite a perfetta regola d'arte, ed essere rese in opera finite e funzionanti, complete di tutte quelle attrezzature e materiali di completamento necessarie, anche se non dettagliatamente indicate.

I sottofondi dovranno essere particolarmente curati al fine di eliminare le camere d'aria, sacche o bolle che potrebbero venirsi a creare ed inoltre dovranno ricoprire abbondantemente tubazioni e canali correnti sugli orizzontamenti.

Il conglomerato cementizio adoperato per l'esecuzione delle opere sovraccitate, dovrà essere confezionato secondo le prescrizioni della normativa vigente e comunque sempre con mezzi meccanici. Nella realizzazione di massetti di superficie superiore ai 50 mq, sono previsti dei giunti di dilatazione. Detti giunti dovranno essere realizzati mediante la posa di guarnizioni di resina poliuretanica. Qualora si dovesse interrompere il getto dei suddetti massetti da un giorno all'altro, il taglio di giunzione dovrà essere verticale netto e non inclinato, con rete metallica passante, per evitare sollevamenti sul giunto in caso di espansione del massetto.

Prima della posa del rivestimento i sottofondi dovranno avere una stagionatura minima di 30 gg. dalla ultimazione, e comunque dovranno risultare privi di umidità se sottoposti ad un test di controllo umidità.

29.2 MASSETTI ALLEGGERITI

29.2.1 Massetto alleggerito con perle di polistirene Tipo "isolcap"

Premiscelato cementizio fornito in sacchi pronti all'uso per la formazione di massetto leggero termoisolante composto da leganti idraulici selezionati e predosato a 250 kg/m³ , perle vergini di polistirene espanso a granulometria fine ($\varnothing < 3-6$ mm) e additivate prima del confezionamento con speciale additivo E.I.A., naturale, atossico a pH specifico, che consente la distribuzione omogenea delle perle nell'impasto.

Il massetto ottenuto senza alcuna aggiunta di sabbia o altri additivi avrà una massa volumica di ca. 265 kg/m³ , una resistenza a compressione a 28 giorni (calcolata secondo le specifiche della norma UNI EN 1015-11:2007) pari a 0,83 N/mm² e coefficiente di conduttività termica λ 0,067 W/m°K, resistenza all'umidità imputrescibile, resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ 11,50, resistenza alla flessione 0,67 N/mm² , umidità residua dopo 28 giorni (spessore 5 cm) ≤ 2 % in volume, classe di reazione al fuoco a2-s1-d0 (UNI EN 13501-1), calore specifico 1000 J/kg K (UNI EN 1745).

Il massetto sarà idoneo alla realizzazione di:

- riempimento/livellamento impianti, realizzando così un duraturo supporto al successivo posizionamento di tappetino resiliente e/o impianto di riscaldamento a pavimento, massetti sabbia/cemento o autolivellanti;

- isolamento termico con contestuale formazione di pendenze in copertura posato con spessore non inferiore a 5 cm con metodologia "getto i copertura", idoneo cioè a ricevere la successiva posa di impermeabilizzazione con guaine bituminose, PVC o bitumi elastomerici.

La posa in opera andrà eseguita rispettando le indicazioni riportate nella scheda tecnica e nel manuale di posa in opera del produttore. Solo nel caso in cui il piano di posa sia costituito da soletta in calcestruzzo o in latero cemento, la posa del massetto potrà avvenire senza interporre nel getto una rete zincata.

29.2.2 Massetto alleggerito con argilla espansa

Strato di isolamento termico e/o alleggerito in argilla espansa impastato con cemento tipo 3,25 in ragione di 2,2 q.li di cemento per ogni Mc di argilla espansa. Steso, battuto e spianato.

Il massetto sarà idoneo alla realizzazione di:

- riempimento/livellamento impianti, realizzando così un duraturo supporto al successivo posizionamento di tappetino resiliente e/o impianto di riscaldamento a pavimento, massetti sabbia/cemento o autolivellanti;
- isolamento termico con contestuale formazione di pendenze in copertura posato con spessore non inferiore a 5 cm con metodologia "getto i copertura", idoneo cioè a ricevere la successiva posa di impermeabilizzazione con guaine bituminose, PVC o bitumi elastomerici.

La posa in opera andrà eseguita rispettando le indicazioni riportate nella scheda tecnica e nel manuale di posa in opera del produttore. Solo nel caso in cui il piano di posa sia costituito da soletta in calcestruzzo o in latero cemento, la posa del massetto potrà avvenire senza interporre nel getto una rete zincata.

30 PAVIMENTI

30.1 DEFINIZIONE E SCOPO

Si definiscono prodotti per pavimentazione quelli utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione.

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

Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, le caratteristiche, le avvertenze per l'uso per la sicurezza durante l'applicazione. L'Appaltatore ha l'obbligo di presentare preventivamente alla Direzione dei Lavori un campione delle opere ordinate, affinché venga accettato o vi possano essere apportate modifiche che la stessa riterrà opportune prima dell'inizio delle opere stesse, senza che queste vengano ad alterare i prezzi stabiliti ed i patti contrattuali. Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

30.2 TIPOLOGIE DI PAVIMENTI

30.2.1 Pavimenti industriali in cemento

Tipologia di pavimentazione in calcestruzzo fibrorinforzato calcolato secondo i carichi agenti, ottimizzando l'impiego delle fibre e dell'armatura tradizionale. Le pavimentazioni industriali in appalto sono interne ed esterne, di spessore 20 o 30cm come da progetto esecutivo, Classe di resistenza del cls: C25/30 -Rck 30 ed atte a sopportare carichi agenti descritti nella relazione di calcolo. Tali pavimenti si appoggiano su una massicciata di sottofondo di portata richiesta, presentano una barriera al vapore e sono realizzati in cls armato. La finitura dovrà essere consona ai requisiti e alla progettazione. Per garantire un buon grado di scorrimento al calcestruzzo e rendere efficaci i tagli dei giunti di contrazione del pavimento effettuati sul calcestruzzo indurito, il grado di planarità della massicciata va contenuto entro il limite di 2 cm ogni 4 m.

Capacità portante richiesta:

-Modulo di deformazione Md: $\geq 80 \text{ N/mm}^2$

-Modulo di reazione K o di Winkler: $\geq 0,10 \text{ N/mm}^3$

La capacità portante della massicciata ultimata va verificata mediante almeno 1 prova (o in conformità delle richieste integrative della D.L.) su piastra ogni 1000 mq, avendo l'accortezza di posizionare i punti di prova nelle vicinanze dei chiusini, pilastri, eventuali zone umide, zone di reintegro, ovvero in punti della massicciata ove si potrebbero innescare cedimenti. La produzione dei manufatti viene realizzata secondo procedure conformi alle norme tecniche per:
- Le Costruzioni – D.M. 17/01/2018

- CNR-DT 204/2006 – Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture in Calcestruzzo Fibrorinforzato
- CNR-DT 211/2014 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture in Calcestruzzo
- UNI EN 1992-1-1:2005 - Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo.
- UNI EN 1994-1-1:2005 - Eurocodice 4: Progettazione delle strutture composte acciaiocalcestruzzo
- UNI EN 11146:2005 - Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale - Criteri per la progettazione, la costruzione ed il collaudo.
- THE CONCRETE SOCIETY - Concrete industrial ground floors – A guide to their design and construction, Technical Report 34 (4th edition)
- fib Model Code for Concrete Structures 2010

I componenti del calcestruzzo dovranno rispettare le seguenti indicazioni:

- cementi utilizzati nel confezionamento dei calcestruzzi per pavimentazioni dovranno essere dotati di marcatura CE ai sensi della UNI EN 197/1:2011.
- gli aggregati da utilizzare nel confezionamento dei calcestruzzi per pavimentazioni devono essere dotati di marcatura CE ai sensi della norma UNI EN 12620, con criterio di conformità di tipo 2+ e nel rispetto dei requisiti previsti dalla norma UNI 8520/2. Particolare attenzione deve essere posta alla verifica della presenza di minerali nocivi quali solfati, solfuri ossidabili e, soprattutto, di minerali potenzialmente reattivi con gli alcali, i quali possono provocare danni funzionali alle pavimentazioni, anche se presenti in minima quantità. Nel caso in cui l'analisi petrografica avesse evidenziato la presenza di minerali potenzialmente reattivi con gli alcali, come la selce, l'opale, il calcedonio, il quarzo microcristallino, ai sensi della norma UNI 8520/2 gli aggregati possono essere utilizzati se superano una delle due prove di espansione su prismi di malta previste dalla norma UNI 8520/22. Data la pericolosità che riveste la presenza di minerali effettivamente reattivi con gli alcali in una pavimentazione in calcestruzzo, è opportuno che la marcatura CE di tali aggregati sia stata ottenuta con superamento della seconda prova (a lungo termine) che risulta più accurata e attendibile della prima. Particolare attenzione deve essere posta, inoltre, al contenuto di contaminanti leggeri (elementi lignei e vegetali) per i quali la norma UNI 8520/2 prevede, nel caso di aggregati da utilizzare per pavimentazioni, un limite massimo di queste sostanze pari alla metà di quello consentito per gli aggregati per utilizzo ordinario.
- per gli additivi, la presenza di fibre, con dosaggi tipici delle applicazioni strutturali, riduce la lavorabilità degli impasti, soprattutto nel caso di impiego di fibre con elevati rapporti d'aspetto. Ove necessario, la lavorabilità può essere migliorata mediante opportuni interventi sulla composizione:
 - Aumentando la frazione fine e/o riducendo il diametro massimo dell'aggregato;

- Selezionando e dosando opportunamente additivi fluidificanti.

Sono additivi che, aggiunti in quantità dell'ordine dello 0.5÷5% sul peso del cemento, migliorano la lavorabilità del calcestruzzo (a parità di quantità di acqua introdotta) ovvero consentono una riduzione della quantità d'acqua necessaria per conseguire una data lavorabilità. L'impiego di additivi superfluidificanti nei calcestruzzi per pavimentazioni è essenziale per ottenere conglomerati fluidi ma, nel contempo, caratterizzati da buone caratteristiche meccaniche, bassa porosità e basso ritiro igrometrico. Gli additivi superfluidificanti per calcestruzzo devono essere dotati di marchio CE ai sensi della norma UNI EN 934-2.

30.2.1.1 Finitura

La finitura superficiale dovrà essere eseguita con corazzatura con spolvero al quarzo (con grado di purezza $\geq 90\%$) di colore grigio, realizzato fresco su fresco e successiva frattazzatura meccanica, dosato in ragione di circa 4 Kg/mq e comunque a rifiuto, a seconda delle condizioni termoigrometriche ambientali, e con presenza di corindone opportunamente dosato; finitura di tipo "frattazzato fine" e/o in conformità alle istruzioni della D.L.

30.2.1.2 Giunti di costruzione

Per ogni campo di getto di circa 1200mq/cad (esclusi i campi di getto delle pavimentazioni esterne) dovranno essere previsti giunti di costruzione tramite il posizionamento di giunti meccanici prefabbricati tipo JOINT SYSTEM.

30.2.1.3 Giunti di isolamento

I giunti di isolamento si distinguono in:

- isolamento perimetrale: con nastro comprimibile da 10 mm, su tutto lo spessore della lastra (25 cm)
- isolamento pilastri: con raddoppio del nastro a 20 mm

Formazione di tagli in corrispondenza di spigolature, pozzetti, ecc.; giunti disposti a rombo o a filo in corrispondenza di pilastri con profondità di taglio $\geq 3,6$ cm.

Giunti di controllo

I giunti di contrazione devono formare riquadri le cui dimensioni sono subordinate allo spessore del pavimento. Per la pavimentazione interna bisogna considerare la formazione campiture quadrate da massimo 6,00m x 6,00m, mentre per la pavimentazione esterna le campiture dovranno essere massimo 4,00m x 4,00m (comunque da valutare in funzione degli elementi verticali o vincoli di altro genere). La profondità dei tagli è subordinata allo spessore della piastra di calcestruzzo e alla planarità del sottofondo. In linea generale la profondità del taglio (Pt) non deve mai risultare inferiore ad 1/5 dello spessore del pavimento (h). Il giunto sarà soggetto a riempimento con profilo in preformato in PVC.

30.2.2 Gres porcellanato

Le piastrelle di ceramica per pavimentazioni dovranno essere del materiale indicato nel progetto tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, cotto forte, gres, ecc.) devono essere associate alla classificazione di cui alla norma 14411 basata sul metodo di formatura e sull'assorbimento d'acqua secondo le norme UNI EN ISO 10545-2 e 10545-3.

- Le piastrelle di ceramica estruse o pressate di prima scelta devono rispondere alla norma UNI EN 14411.
- b) Per i prodotti definiti "pianelle comuni di argilla", "pianelle pressate ed arrotate di argilla" e "mattonelle greificate" dal Regio Decreto 2234/39, devono inoltre essere rispettate le prescrizioni seguenti:
 - resistenza all'urto 2 Nm (0,20 kgm) minimo;
 - resistenza alla flessione 2,5 N/mm² (25 kg/cm)² minimo;
 - coefficiente di usura al tribometro 15 mm massimo per 1 km di percorso.
- c) Per le piastrelle colate (ivi comprese tutte le produzioni artigianali) le caratteristiche rilevanti da misurare ai fini di una qualificazione del materiale sono le stesse indicate per le piastrelle pressate a secco ed estruse, per cui:
 - per quanto attiene ai metodi di prova si rimanda alle norme UNI vigenti;
 - per quanto attiene i limiti di accettazione, tenendo in dovuto conto il parametro relativo all'assorbimento d'acqua, i valori di accettazione per le piastrelle ottenute mediante colatura saranno concordati fra produttore ed acquirente, sulla base dei dati tecnici previsti dal progetto o dichiarati dai produttori ed accettate dalla Direzione dei Lavori nel rispetto della norma UNI EN ISO 10545-1.
- d) I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, sporatura, ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa ed essere accompagnati da fogli informativi riportanti il nome del fornitore e la rispondenza alle prescrizioni predette. I prodotti di gomma per pavimentazioni sotto forma di piastrelle e rotoli devono rispondere alle prescrizioni date dal progetto ed 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 (norma UNI 8272-1);
 - avere costanza di colore tra i prodotti della stessa fornitura; in caso di contestazione deve risultare entro il contrasto dell'elemento n. 4 della scala dei grigi di cui alla norma UNI 8272-2. Per piastrelle di forniture diverse ed in caso di contestazione vale il contrasto dell'elenco n. 3 della scala dei grigi;
 - sulle dimensioni nominali ed ortogonalità dei bordi sono ammesse le tolleranze seguenti:
 - rotoli: lunghezza +1%, larghezza +0,3%, spessore +0,2 mm;

-piastrelle: lunghezza e 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 tra 75 e 85 punti di durezza Shore A (norma UNI EN ISO 868);
- la resistenza all'abrasione deve essere non maggiore di 300 mm³;
- 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 e s.m.i;
- la resistenza alla bruciatura da sigaretta, inteso come alterazioni di colore prodotte dalla combustione, non deve originare contrasto di colore uguale o minore al n. 2 della scala dei grigi di cui alla 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 ad un contrasto di colore maggiore di quello dell'elemento N3 della scala dei grigi di cui alla UNI 8272-2. Per i prodotti neri il contrasto di colore non deve essere maggiore dell'elemento N2;
- il controllo delle caratteristiche di cui ai commi da a) ad i) e si intende effettuato secondo le modalità indicate nel presente articolo in conformità alla norma UNI 8272 (varie parti);
- i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche ed agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Il foglio di accompagnamento indicherà oltre al nome del fornitore almeno le indicazioni di cui ai commi da I) ad IX).

30.2.3 Ceramica monocottura

La monocottura è una ceramica smaltata, la cui denominazione deriva dal fatto che in fase di produzione le piastrelle, costituite da un supporto ed un rivestimento superficiale, subiscono un unico passaggio di cottura ad altissima temperatura (circa 2000 °C) ottenendo un risultato di ottima qualità, che esalta in maniera particolare i colori e le decorazioni; la finitura viene perciò stesa direttamente sul supporto crudo.

Le piastrelle ceramiche monocottura hanno scarsa porosità, sono piuttosto dure e sono caratterizzate da un'elevata resistenza poiché il particolare processo di cottura porta ad avere una perfetta aderenza dello smalto, fondamentale per la durabilità e la protezione del pavimento.

30.3 MODALITÀ' ESECUTIVE

Si intende per pavimentazione un sistema edilizio avente quale scopo quello di consentire o migliorare il transito e la resistenza alle sollecitazioni in determinate condizioni di uso.

Durante la fase di posa si curerà la corretta esecuzione degli eventuali motivi ornamentali, la posa degli elementi di completamento e/o accessori, la corretta esecuzione dei giunti, delle zone di interferenza (bordi, elementi verticali, ecc.) nonché le caratteristiche di planarità o comunque delle conformazioni superficiali rispetto alle prescrizioni di progetto, nonché le condizioni ambientali di posa ed i tempi di maturazione.

30.3.1 ESECUZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI

Le pavimentazioni industriali in appalto sono interne ed esterne, di spessore come da progetto esecutivo, Classe di resistenza del cls: C25/30 -Rck 30 ed atte a sopportare carichi agenti descritti nella relazione di calcolo. Tali pavimenti si appoggiano su una massicciata di sottofondo di portata richiesta, presentano una barriera al vapore e sono realizzati in cls armato. La finitura dovrà essere consona ai requisiti e alla progettazione.

30.3.1.1 Requisiti della massicciata di sottofondo

Per garantire un buon grado di scorrimento al calcestruzzo e rendere efficaci i tagli dei giunti di contrazione del pavimento effettuati sul calcestruzzo indurito, il grado di planarità della massicciata va contenuto entro il limite di 2 cm ogni 4 m. Capacità portante richiesta:

- Modulo di deformazione M_d : $\geq 80 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di reazione K o di Winkler: $\geq 0,10 \text{ N/mm}^3$

La capacità portante della massicciata ultimata va verificata mediante almeno 1 prova (o in conformità delle richieste integrative della D.L.) su piastra ogni 1000 mq, avendo l'accortezza di posizionare i punti di prova nelle vicinanze dei chiusini, pilastri, eventuali zone umide, zone di reintegro, ovvero in punti della massicciata ove si potrebbero innescare cedimenti.

30.3.1.2 Strato di scorrimento/barriera al vapore

Inserimento di strato di scorrimento costituito da doppio telo di polietilene vergine da 200 g/mq con stesura incrociata, fornito in rotoli e posto in opera con sormonti di almeno 25 cm.

Requisiti del calcestruzzo

Classe di Resistenza: Rck 30 MPa; [C25/30]

Classe di Esposizione: XC2

Tipo di Cemento: Cem. II A-LL 42,5 R

Dosaggio minimo cemento: 320 kg/m³;

Rapporto acqua/cemento $\leq 0,60$;

Aggregati = D. max.: 31,5 mm;

Fibre acciaio tipo FIBRAG® STEEL F-DUE 60/65 MT: ≥ 22 kg/m³

Fibre polimeriche tipo FIBRAG® POLY PSF55-TP: $\geq 1,0$ kg/m³

Aria intrappolata, misurata con porosimetro: $\leq 3\%$

Consistenza del cls per posa meccanizzata: S5 (23 \pm 2cm)	S4 (16 \pm 2 cm) Consistenza per posa manuale:
---	--

Additivi: conformi alle UNI EN 934-2:2002 : Superfluidificanti specifici per pavimentazioni industriali atti a ridurre la quantità di acqua d'impasto, migliorare la lavorabilità, contenere i tempi di presa senza rallentare le operazioni di finitura.

30.3.1.3 Bleeding

Nei calcestruzzi per pavimentazioni occorre diminuire il fenomeno di bleeding per evitare che la resistenza superficiale della piastra venga compromessa. Allo scopo è opportuno che il volume di acqua di bleeding, misurato secondo la procedura riportata nella norma UNI 7122, risulti inferiore allo 0,1% (oppure 0,5 l/m²/h).

30.3.1.4 Tempi di frattazzabilità

Il tempo di inizio frattazzabilità dovrà essere \geq a 4 ore ed il tempo di fine frattazzabilità deve essere \leq alle 8 ore dall'orario di carico dell'autobetoniera. E' prevista una tolleranza massima di 1 ora. Per praticità si farà riferimento all'inizio e fine presa del cls misurati mediante penetrometro in conformità alle UNI 7163-72,punto4. Comma 4.2

30.3.1.5 Temperatura del calcestruzzo

La temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto deve essere compresa tra 5°C e 30°C.

Controllo del calcestruzzo: prove della qualifica della ricetta, studio del mix design, verifiche in corso di fornitura N.B. Prima dell'inizio della messa in opera del calcestruzzo, la società appaltante dovrà obbligatoriamente effettuare presso la stazione di betonaggio prescelta, la qualifica della miscela, su impasti di 4-5 m³ in autobetoniera. Determinazione di:

- slump (al tempo "0"; dopo 30' e 60', simulando i tempi di trasporto)
- massa volumica
- contenuto d'aria;

e mediante essiccazione del campione rappresentativo di calcestruzzo, determinazione di:

- acqua efficace
- rapporto acqua/cemento
- resa volumetrica
- dosaggio effettivo di cemento N.B. Il fornitore di cls dovrà obbligatoriamente/contrattualmente fornire, unitamente ad ogni DDT, la stampa dei dati di carico

30.3.1.6 Documenti richiesti al preconfezionatore

In via preliminare il Preconfezionatore dovrà fornire evidenza delle caratteristiche dei propri aggregati fornendo allo Studio Tecnico incaricato della qualifica della ricetta i seguenti documenti Marcatura CE aggregati in conformità alla Norma UNI EN 12620 ed alle prescrizioni delle Norme UNI 8520-1 e 2; Caratteristiche fisico chimiche: Analisi granulometriche degli aggregati [vedi tabella 1.]

Caratteristica	Limite	Note	Metodi di prova
Contenuto di contaminanti leggeri	A.f. $\leq 0,125\%$ A.g. $\leq 0,025\%$	Vedi Cap. 8.5	UNI EN 1744-1 punto 14.2.2
Aggregati reattivi	Espansione. Prova accelerata $\leq 0,1\%$ $\leq 0,05\%$ a 3 mesi $\leq 0,1\%$ a 6 mesi		UNI 8520-22
Assorbimento	$\leq 1\%$	Solo per classe di esposizione XF	UNI EN 1097-6:2008

A.f. = aggregato fine; A.g. = aggregato grosso

Tabella 1: caratteristiche fisico chimiche aggregati

Come da definizione CNR-DT 211/2014, il calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) è un materiale composito basato su una matrice di calcestruzzo alla quale sono aggiunte delle fibre. L'impiego di tale composito è particolarmente adatto negli elementi iperstatici, come le piastre su appoggio continuo, in quanto la resistenza residua a trazione in fase fessurata, dovuta alla presenza delle fibre aumenta la capacità portante complessiva della struttura.

Nelle pavimentazioni di calcestruzzo, l'impiego delle fibre risulta particolarmente efficace per:

- ridurre la fessurazione da ritiro;
- sostituire, parzialmente o totalmente, l'armatura convenzionale (solitamente la rete elettrosaldata).

In questo contesto il fibrorinforzo, distribuendosi uniformemente nel volume della piastra, rappresenta un'armatura ideale, tanto da non richiedere mano d'opera per la posa e da non creare problemi durante la fase di getto.

30.3.1.7 Tipologia e dosaggio armatura diffusa con fibre

Come da progetto strutturale

30.3.1.8 Armatura integrativa

Come da progetto strutturale

30.3.1.9 Finitura superficiale

Corazzatura con spolvero al quarzo (con grado di purezza $\geq 90\%$), di colore grigio, realizzato fresco su fresco e successiva frattazzatura meccanica, dosato in ragione di circa 4 kg /mq e comunque a rifiuto, a seconda delle condizioni termo-igrometriche ambientali; finitura di tipo "frattazzato fine" e/o in conformità alle istruzioni della D.L.

30.3.1.10 Giunti

Giunti di costruzione:

I giunti di costruzione interessano l'intera sezione della piastra e vengono realizzati al termine dell'esecuzione del getto di ogni lotto di pavimento. Per la delimitazione unitaria dei campi di getto (circa 1200mq/cad.) sono previsti giunti tecnici metallici con predisposizione all'inserimento di barrotti ripartitori (tipologia di contrasto all'effetto curling);

Giunti di isolamento:

Giunti di isolamento giunti di isolamento perimetrale: con nastro comprimibile tipo Isolene da 10 mm, su tutto lo spessore della lastra (25 cm) isolamento pilastri: con raddoppio del nastro: 20 mm formazione di tagli in corrispondenza di spigolature, pozzetti, ecc.; giunti disposti a rombo o a filo in corrispondenza di pilastri.

Giunti di dilatazione:

Nei pavimenti di locali industriali logistici, commerciali, ospedalieri e similari, il ritiro igrometrico, variabile in funzione dello spessore della lastra e dei requisiti della miscela di calcestruzzo (400-500 μ m/m) è sempre maggiore dell'espansione dovuta all'escursione termica; pertanto i giunti di dilatazione non vengono ritenuti necessari e non vengono eseguiti (vedi Codice di Buona Pratica CONPAVIPER) e quindi si fanno coincidere con quelli di isolamento.

30.3.1.11 Planarità e orizzontalità

Il grado di planarità richiesta (tolleranza) è di ± 5 mm su 2 m, con metodologia esecutiva in conformità alla UNI 11146:2005 ed al Codice di Buona Pratica CONPAVIPER La verifica della planarità sarà effettuata in conformità con "metodo di prova" indicato nell'appendice a delle UNI 11146:2005, con tolleranza qui di seguito indicata [anche in deroga alle 72 ore dall'ultimazione dei getti] e lontano almeno 50 cm dai pozzetti, dagli spiccati verticali in elevazione e da giunti di costruzione per escludere l'influenza del fenomeno di imbarcamento (curling) tipico dei pavimenti del calcestruzzo.

tolleranza: +/- 5mm/2m

utilizzando un regolo rigido rettilineo di 2 m di lunghezza munito di tasselli alle estremità. La verifica è da effettuarsi all'interno dei riquadri. Le verifiche verranno condotte con frequenza stabilita dalla D.L. e comunque con almeno 10 letture ogni 100 mq. I parametri di accettazione sono quelli indicati dalle UNI 11146:2005

30.3.1.12 Stagionatura protetta – fasi applicative

Applicazione di una prima mano (da effettuarsi contestualmente al processo di finitura), mediante pompa a bassa pressione, di trattamento antievaporante e antipolvere, protezione antidegrado ed impermeabilizzante per pavimentazioni di pavimenti quarzati e non, con prodotto costituito da silicato di litio modificato da catalizzatore, atto a ridurre l'essiccazione della lastra ed il conseguente ritiro igrometrico.

Applicazione a due mani incrociate per pavimentazioni interne quarzate: 120 -130 g/m²/ogni mano. (applicare la prima mano alla fine della frattazzatura finale e prima della posa del telo di polietilene; la seconda mano dopo almeno 2 settimane su superficie umida ma priva di acqua libera).

Note integrative per le fasi operative dell'esecuzione delle pavimentazioni industriali (CNR CNR-DT 211/2014)

Premessa: le note integrative a seguire sono finalizzate ad ottenere la massima uniformità cromatica ottenibile sulla pavimentazione industriale. Si richiede, quindi, ai posatori, di attenersi scrupolosamente alle raccomandazioni sotto elencate.

30.3.1.13 Fornitura del calcestruzzo a piè d'opera

È consentita la fornitura a piè d'opera del calcestruzzo esclusivamente con mezzi o sistemi adeguati alla quantità necessaria al getto e, soprattutto, tali da non favorire la segregazione ed influenzare negativamente l'omogeneità degli impasti. La fornitura a piè d'opera del calcestruzzo, nella quantità e nei tempi concordati, deve avvenire in modo uniforme, continuo e costante, al fine di evitare riprese di getto o interferire negativamente nelle operazioni di finitura. In condizioni ordinarie, il tempo di attesa tra le diverse autobetoniere non dovrebbe superare i 30 minuti.

Tempi di trasporto superiori a 60 minuti possono essere accettati solo se preventivamente concordati con la Direzione Lavori ed in relazione alle caratteristiche del calcestruzzo e alle condizioni termigrometriche.

Si raccomanda, per una buona esecuzione della pavimentazione, che tutti gli operatori coinvolti (Direzione Lavori, Fornitore ed Esecutore) concordino preventivamente le quantità dei materiali occorrenti, la frequenza di consegna, le caratteristiche reologiche del calcestruzzo ed i relativi tempi di frattazzabilità, affinché il medesimo consenta, dopo la stesura, le successive fasi di lavorazione nei tempi di normale attività delle maestranze presenti.

Tempi di lavorazione del calcestruzzo Il tempo di inizio e di fine frattazzabilità sarà un fattore determinante per l'uniformità cromatica del pavimento finito: si richiede quindi di rispettare le medesime tempistiche di lavorazione in tutte le fasi di getto.

30.3.1.14 Sequenza delle campiture di posa

Al fine di ottimizzare le operazioni di messa in opera del calcestruzzo è opportuno che, prima dell'inizio della fase di getto, venga stabilita una sequenza di esecuzione delle campiture di posa; ciò allo scopo di limitare

le interazioni, durante le varie fasi operative, tra movimentazione dei mezzi, operatori, posa di materiali allo stato fresco rispetto a zone con lavorazioni di altra natura in fase di esecuzione su zone già indurite.

30.3.1.15 Posa in opera del calcestruzzo

La posa deve avvenire in presenza di adeguate protezioni contro condizioni climatiche avverse. Il calcestruzzo può essere livellato con staggiatura semplice manuale, con vibro-staggiatura manuale o con sistema di vibro-stesura automatizzata. In corrispondenza dei giunti di costruzione, e comunque sempre contro cassero, deve essere curata la costipazione del calcestruzzo al fine di limitare la formazione di macrocavità o nidi di ghiaia che facilmente si formano in tali posizioni. Se non previsto diversamente in fase progettuale, l'accostamento dei getti deve essere effettuato a tutta sezione verticale.

30.3.1.16 Applicazione dello strato di usura

Le operazioni di applicazione e lavorazione dello strato di usura devono essere eseguite su calcestruzzo fresco, prima che sia completato il fenomeno della presa. È opportuno utilizzare esclusivamente prodotti premiscelati dove sia accertata la provenienza, la classificazione, le caratteristiche prestazionali, la marcatura CE.

30.3.1.17 Metodo a spolvero

Il prodotto deve essere applicato anidro (mediante dosatura meccanica e non manualmente) con spolveratura su calcestruzzo fresco e steso in almeno due fasi alternate da lavorazione meccanica, in quantità complessiva come da specifica di capitolato.

Per la finitura del manto d'usura si deve limitare al minimo indispensabile l'umidificazione superficiale per l'incorporo dello spolvero indurente. E' fondamentale che le fasi di lavorazione siano standardizzate. Differenze di lavorazione (variazioni del contenuto dell'acqua d'impasto possono comportare una differenza cromatica finale inaccettabile per la committenza).

30.3.1.18 Protezione e stagionatura

Per raggiungere le potenziali prestazioni attese dal calcestruzzo, soprattutto nella zona corticale, occorre proteggerlo a stagionarlo accuratamente.

La stagionatura e protezione della pavimentazione deve iniziare appena possibile dopo la fase di lisciatura con frattazzatrice meccanica.

La protezione è volta a prevenire gli effetti derivanti da:

- esposizione, anche durante il getto e la lavorazione, a condizioni climatiche avverse nonché all'irraggiamento solare, vento e ad aria radente, con la conseguente evaporazione repentina di acqua dalla superficie e formazione di fessure da ritiro o sfarinamenti;
- rapido raffreddamento durante i primi giorni dal getto;
- elevati gradienti di temperatura tra il centro e la superficie della pavimentazione.

30.4 GIUNTI DI DILATAZIONE PER PAVIMENTI

30.4.1 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 dilatazione, 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.

30.4.2 PAVIMENTI

Il giunto di dilatazione per pavimenti (piastrelle, marmi, gres 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 $+120^{\circ}\text{C}$, 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 ad espansione, ad 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.

30.4.3 PAVIMENTI SOPRAELEVATI

Il giunto di dilatazione per pavimenti deve essere costituito da profilo portante in alluminio con alette d'ancoraggio perforate verticalmente. La guarnizione elastica deve essere in neoprene e intercambiabile, resistente all'usura, agli agenti Atmosferici, alla temperatura da -30°C a $+120^{\circ}\text{C}$, agli oli, agli acidi e alle sostanze bituminose. Le alette del profilo portante in alluminio devono essere fissate ai pannelli con viti e tasselli ad espansione ad intervalli di 30 cm su entrambi i lati. 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

31 RIVESTIMENTI INTERNI E ESTERNI

Si definiscono prodotti per rivestimenti quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti - facciate) ed orizzontali (controsoffitti) dell'edificio. I prodotti si distinguono a seconda del loro stato fisico:

- rigidi (rivestimenti in pietra - ceramica - vetro - alluminio - gesso - ecc.);
- fluidi o pastosi (intonaci - vernicianti - rivestimenti plastici - ecc.);

a seconda della loro collocazione:

- per esterno;
- per interno;

a seconda della loro collocazione nel sistema di rivestimento:

- di fondo;
- intermedi;
- di finitura.

Tutti i prodotti descritti nei punti che seguono vengono considerati al momento della fornitura. La Direzione 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 alle prescrizioni di seguito indicate e in genere come da norma UNI 8012.

31.1 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 e le caratteristiche seguenti:

- capacità di riempimento delle cavità ed eguagliamento delle superfici;
- reazione al fuoco e/o resistenza all'incendio adeguata;
- impermeabilità all'acqua e/o funzione di barriera all'acqua;
- effetto estetico superficiale in relazione ai mezzi di posa usati;
- adesione al supporto e caratteristiche meccaniche.

Per i prodotti forniti premiscelati la rispondenza a norme UNI è sinonimo di conformità alle prescrizioni predette; per gli altri prodotti valgono i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

31.2 RIVESTIMENTO ESTERNO IN LAMIERA STIRATA

Sistema di rivestimento in lamiera stirata verificato.

Caratteristiche:

- Pannelli rettangolari piani o piegati d'angolo bordati e autoportanti in lamiera stirata. Lamiera stirata piegata e saldata profili verticali di irrigidimento in sezione piatta 50x5 mm o equivalente in alluminio dotati di asole a baionetta per permettere l'aggancio alla sottostruttura di supporto verticale, fornita di perni, e per gestire correttamente le deformazioni termiche e strutturali. Materiale: Alluminio garantito e certificato per anodizzazione (se necessario). Profili saldati alla lamiera stirata in lega estrusa EN-AW 6063 T66. Tipologia di lamiera stirata: mesh MTC 3D LS29. Finitura superficiale: anodizzazione (bronzo corten) MTC-OX60 CL20 NICKEL FREE eseguita dopo tutte le lavorazioni, sul pannello ultimato. Dimensioni tipologiche dei pannelli: DL1200xDC5050 e DL1200xDC1940 mm, secondo necessità di disegno.
- Sottostruttura secondaria costituita da montanti verticali in sezione estrusa dedicata di alluminio con perni e staffe puntuali in acciaio zincato a caldo (UNI EN 1461) inclusa. Staffe da fissare a pareti primarie in CA. Posa in opera del suddetto materiale a regola d'arte.
- Sottostruttura regolabile realizzata con profili verticali in acciaio zincato, spessore 20/10 mm, posati su staffe in acciaio inox (lunghezza variabile a seconda del prospetto fino a L=200mm), spessore 25/10 mm tassellate alla struttura prefabbricata sottostante con idonei tasselli meccanici, il tutto in grado di creare un piano regolabile su cui poter fissare il nuovo rivestimento.

Sono compresi rilievi, dimensionamento e progettazione esecutiva; trasporto e imballo; posa in opera a regola d'arte, compreso manodopera, attrezzature, piattaforme e mezzi di sollevamento, elementi di fissaggio (tasselli, viti, ecc.).

32 RIVESTIMENTO INTERNO VASCHE DEL SERBATOIO

All'interno delle vasche è previsto un trattamento mediante sistema di rivestimento impermeabilizzante elastico a base di poliurea bicomponente a rapido indurimento, elevata capacità di crack-bridging ed idoneo al contatto con sostanze alimentari tipo "**Sikalastic-836 DW**".

Il prodotto deve essere marcato CE in conformità alla EN1504-2.

Il prodotto deve essere idoneo al contatto con sostanze alimentari in conformità al D.M.174 - 06/04/2004

Consumo minimo: 2,0 kg/m², consigliato 2,2 kg/m²

L'applicazione dovrà essere eseguita mediante idonea apparecchiatura ad alta pressione, per spruzzo a caldo di prodotti bicomponenti (rapporto di miscelazione: 1:1), in grado di garantire una temperatura all'atto della miscelazione di ca. +70°C ed una pressione di ca.150 bar.

Caratteristiche tecniche:

- residuo secco: ~100%
- densità prodotto (A+B): ~1,08 kg/L a +25°C (DIN EN ISO 2811-1)
- viscosità: comp. A ~ 400 mPas / comp. B ~ 650 mPas (EN ISO 3219)
- allungamento a rottura: ~360% (UNI EN 12311-2 Part B)
- resistenza alla lacerazione: ~150 kN/m (UNI EN 12310-2)
- resistenza alla trazione: ~18 N/mm² (UNI EN 12311-2 Part B)
- resistenza all'abrasione: ~20 mg (EN ISO 5470-1)
- durezza Shore D: ~48 (EN ISO 868)
- permeabilità al vapore acqueo: ~0,025 (UNI EN 1931)
- conduttività termica: ~0,14 W/mK (ISO 8301)
- forza di adesione su acciaio: > 7 N (ASTM D4541)
- forza di adesione su calcestruzzo: > 1,5 N (ASTM D4541)
- temperatura di esercizio: -30°C / +140°C

Il suo ciclo di applicazione è il seguente:

- raschiatura superficiale per eliminare il disarmante superficiale che rende il calcestruzzo impossibile da trattare

- rasatura di ripresa per equalizzare la superficie
- sigillatura dei giunti di dilatazione eventualmente presenti
- applicazione primer epossidico consolidante tipo **"Sika Primer Roof EP"** (500 g/m²) con leggero spolvero (non a rifiuto) di sabbia di quarzo per adesione meccanica (granulometria 0,4-0,7 mm – consumo: 1-1,5 kg/m²)
- applicazione membrana a base di poliurea pura tipo **"Sikalastic-836 DW"** – colorazione neutra

Specifiche tecniche per Supporti in calcestruzzo

- Il calcestruzzo deve essere maturato preferibilmente almeno 28gg. con una resistenza a trazione "Pull-off" $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ ed una superficie idoneamente rifinita a frattazzo (esente da asperità), uniforme e senza presenza di lattime, buchi o "nidi di ghiaia". I sottofondi cementizi dovranno avere un contenuto di umidità non superiore al 4%.
- Il substrato deve essere ad una temperatura di almeno 3°C sopra il punto di rugiada (Dew-Point) al fine di evitare la presenza di condensa sulla superficie di posa.

33 OPERE DI TINTEGGIATURA, VERNICIATURA E COLORITURA

I prodotti vernicianti sono prodotti 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 ed 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;
- essere traspiranti al vapore d'acqua;
- avere funzione impermeabilizzante;
- impedire il passaggio dei raggi U.V.;
- ridurre il passaggio della CO₂;
- avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco (quando richiesto);
- avere funzione passivante del ferro (quando richiesto);
- resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);
- resistere (quando richiesto) all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto od in mancanza quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori. I dati si intendono presentati secondo le norme UNI 8757 e UNI 8759 ed i metodi di prova sono quelli definiti nelle norme UNI.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio

33.1 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI E APPLICAZIONE DELLE PITTURE

Le operazioni di tinteggiatura, coloritura o verniciatura dovranno essere precedute da un'accurata preparazione delle superfici interessate (raschiatura, scrostatura, stuccatura, levigatura e pulizia) con modalità e sistemi idonei ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

In particolare dovrà curarsi che le superfici si presentino perfettamente pulite e pertanto esenti da macchie di sostanze grasse od untuose, da ossidazioni, ruggine, scorie. Nel corso dell'applicazione delle pitture dovrà essere posta particolare cura agli spigoli e alle zone difficilmente accessibili.

L'applicazione dovrà essere effettuata esclusivamente con prodotti pronti all'uso e preparati nei modi stabiliti dalle case produttrici; non sarà, quindi, consentito procedere, salvo altre prescrizioni, ad ulteriori miscelazioni con solventi o simili che non siano state specificatamente prescritte.

Tutti i prodotti dovranno trovarsi nei recipienti originali, sigillati, con le indicazioni del produttore, le informazioni sul contenuto, le modalità di conservazione ed uso e quanto altro richiesto per l'impiego dei materiali.

La temperatura ambiente non dovrà in ogni caso superare i 40°C mentre la temperatura delle superfici dovrà essere compresa fra i 5°C e 50°C con un massimo di 80% di umidità relativa.

L'applicazione dei prodotti vernicianti non dovrà venire effettuata su superfici umide; in esterno pertanto, salvo l'addizione di particolari prodotti, le stesse operazioni saranno sospese con tempo piovoso, nebbioso od in presenza di vento.

In ogni caso, le opere eseguite dovranno essere protette fino a completo essiccamento in profondità, dalle correnti d'aria, dalla polvere, dall'acqua, dal sole e da ogni causa che possa costituire origine di danno e di degenerazione in genere.

L'Appaltatore dovrà adottare inoltre ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi, sbavature e macchie di pitture, vernici, smalti sulle opere già eseguite (pavimenti, rivestimenti, zoccolatura, intonaci, infissi, apparecchi sanitari, rubinetterie ecc.) restando a carico dello stesso ogni lavoro o provvedimento necessari per l'eliminazione degli imbrattamenti, dei degradi nonché degli eventuali danni apportati.

La Direzione dei Lavori avrà la facoltà di ordinare, a cura e spese dell'Appaltatore, il rifacimento delle lavorazioni risultanti da esecuzione non soddisfacente e questo sia per difetto dei materiali impiegati, sia per non idonea preparazione delle superfici, per non corretta applicazione degli stessi, per mancanza di cautele o protezioni o per qualunque altra causa ascrivibile all'Appaltatore. L'Appaltatore dovrà procedere con immediatezza a tali rifacimenti, eliminando nel frattempo eventuali danni conseguenti dei quali rimane, in ogni caso ed a tutti gli effetti, unico responsabile. In ogni caso le opere eseguite dovranno essere protette, fino al completo essiccamento, dalla polvere, dall'acqua e da ogni altra fonte di degradazione.

Tutti i componenti base, i solventi, i diluenti e gli altri prodotti usati dalle case produttrici per la preparazione delle forniture, dalla mano d'opera per l'applicazione e gli eventuali metodi di prova,

dovranno essere conformi alla normativa vigente ed avere caratteristiche qualitative costanti confermate dai marchi di qualità.

Prima dell'applicazione di ogni successiva mano di pittura la mano precedente dovrà essere completamente essiccata o indurita e, inoltre, dovrà essere riparato ogni eventuale danneggiamento delle mani già applicate, utilizzando lo stesso tipo di pittura usato in precedenza. La scelta dei colori è dovuta al criterio insindacabile della Direzione dei Lavori e non sarà ammessa alcuna distinzione tra colori ordinari e colori fini, dovendosi in ogni caso fornire i materiali più fini e delle migliori qualità. Il colore di ogni mano di pittura dovrà essere diverso da quello della mano precedente per evitare di lasciare zone non pitturate e per controllare il numero delle passate che sono state applicate. In caso di contestazione, qualora l'Appaltatore non sia in grado di dare la dimostrazione del numero di passate effettuate, la decisione sarà a sfavore dell'Appaltatore stesso. Comunque egli ha l'obbligo, dopo l'applicazione di ogni passata e prima di procedere all'esecuzione di quella successiva, di farsi rilasciare dal personale della Direzione dei Lavori una dichiarazione scritta. Prima d'iniziare le opere da pittore, l'Appaltatore ha inoltre l'obbligo di eseguire nei luoghi e con le modalità che gli saranno prescritti, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della Direzione dei Lavori. Egli dovrà infine adottare ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere finite (pavimenti, rivestimenti, infissi, ecc.), restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i danni eventualmente arrecati. Le opere di verniciatura su manufatti metallici saranno precedute da accurate operazioni di pulizia (nel caso di elementi esistenti) e rimozione delle parti ossidate; verranno quindi applicate almeno una mano di vernice protettiva ed un numero non inferiore a due mani di vernice del tipo e colore previsti fino al raggiungimento della completa uniformità della superficie. Verniciature su legno. Per le opere in legno, la stuccatura ed imprimitura dovrà essere fatta con mastici adatti, e la levigatura e rasatura delle superfici dovrà essere perfetta. Nelle opere di verniciatura eseguite su intonaco, oltre alle verifiche della consistenza del supporto ed alle successive fasi di preparazione si dovrà attendere un adeguato periodo, fissato dalla Direzione dei Lavori, di stagionatura degli intonaci; trascorso questo periodo si procederà all'applicazione di una mano di imprimitura (eseguita con prodotti speciali) o una mano di fondo più diluita alla quale seguiranno altre due mani di vernice del colore e caratteristiche fissate. La tinteggiatura potrà essere eseguita, salvo altre prescrizioni, a pennello, a rullo, a spruzzo, ecc. in conformità con i modi fissati per ciascun tipo di lavorazione.

33.1.1 IDROSABBIATURA

Idrosabbiatura a pressione realizzata mediante l'uso di idropulitrice con pressione variabile con sabbia di quarzo di opportuna granulometria.

33.1.2 TEMPERA

Tinteggiatura a tempera di pareti e soffitti con finitura di tipo liscio o a buccia d'arancio a coprire interamente le superfici trattate, data a pennello o a rullo previa rasatura e stuccatura ed eventuale imprimitura a due o più mani.

33.1.3 TINTEGGIATURA LAVABILE

Tinteggiatura lavabile del tipo: - a base di resine vinil-acriliche; - a base di resine acriliche; - per pareti e soffitti con finitura di tipo liscio a coprire interamente le superfici trattate, data a pennello o a rullo previa rasatura e stuccatura ed eventuale imprimitura a due o più mani; Tinteggiatura lavabile a base di smalti murali opachi resino-sintetici del tipo:

- pittura oleosa opaca;
- pittura oleoalchidica o alchidica lucida o satinata o acril-viniltuolenica;
- pitture uretaniche;

Per pareti e soffitti con finitura di tipo liscio a coprire interamente le superfici trattate, data a pennello o a rullo previa rasatura e stuccatura ed eventuale imprimitura a due o più mani.

33.1.4 RESINE SINTETICHE

Dovranno essere composte dal 50% ca. di pigmento e dal 50% ca. di veicolo (legante +solvente), essere inodori, avere un tempo di essiccazione di 8 ore ca., essere perfettamente lavabili senza presentare manifestazioni di alterazione. Nel caso di idropitture per esterno la composizione sarà del 40% ca. di pigmento e del 60% ca. di veicolo con resistenze particolari agli agenti atmosferici ed agli attacchi alcalini. La tinteggiatura o rivestimento plastico murale rustico dovrà essere a base di resine sintetiche in emulsione con pigmenti e quarzi o granulato da applicare a superfici adeguatamente preparate e con una mano di fondo, data anche in più mani, per una quantità minima di kg.1,2/mq. posta in opera secondo i modi seguenti:

- pennellata o rullata granulata per esterni;- graffiata con superficie fine, massima granulometria 1,2 mm. per esterni.

FONDI MINERALI

Tinteggiatura di fondi minerali assorbenti su intonaci nuovi o vecchi esterni nei centri storici, trattati con colori minerali senza additivi organici ovvero liberati con un opportuno sverniciatore da pitture formanti pellicola, con colore a due componenti con legante di silicato di potassio puro (liquido ed incolore) ed il colore in polvere puramente minerale con pigmenti inorganici (per gruppi di colori contenenti una media percentuale più o meno elevata di ossidi pregiati), per consentire un processo di graduale cristallizzazione ed aggrappaggio al fondo senza formare pellicola, idrorepellente ed altamente traspirante con effetto superficiale simile a quello ottenibile con tinteggio a calce, resistente al calore, ai raggi ultravioletti ed ai fumi industriali, coprente, lavabile, resistente a solvente, inodore e non inquinante, fortemente alcalino, da applicare con pennello in tre mani previa preparazione del sottofondo.

VERNICIATURA CLS

Verniciatura protettiva di opere in calcestruzzo armato e non, poste all'esterno o all'interno liberate, con opportuno sverniciatore da eventuali pitture formanti pellicola mediante colore a base di silicati di

potassio modificati (per gruppi di colori contenenti una media percentuale più o meno elevata di ossidi pregiati) e carichi minerali tali da consentire la reazione chimica con il sottofondo consolidandolo e proteggendolo dalla neutralizzazione (carbonatazione e solfatazione),

idrorepellente e traspirante, resistente al calore, ai raggi ultravioletti ed ai fumi industriali, lavabile, resistente a solvente, inodore e non inquinante, fortemente alcalino, opaco come minerale, da applicare a pennello e/o a rullo in almeno tre mani previa preparazione del sottofondo.

33.1.5 PRIMER AL SILICONE

Applicazione di una mano di fondo di idrorepellente, a base di siliconi o silicati, necessario per il trattamento preliminare di supporti soggetti ad umidità da porre in opera a pennello o a rullo previa pulizia superficiale delle parti da trattare.

33.1.6 CONVERTITORE DI RUGGINE

Applicazione di convertitore di ruggine su strutture ed infissi di metallo mediante la posa in opera di due mani a pennello o a spruzzo di una resina copolimerica vinil-acrilica in soluzione acquosa lattiginosa, ininfiammabile, a bassa tossicità, rispondente inoltre al test spay salino di 500 ore con adesione al 95% se sottoposto a graffiatura a croce.

33.1.7 VERNICE ANTIRUGGINE

Verniciatura antiruggine di opere in ferro esterne già opportunamente trattate, con funzioni sia di strato a finire di vario colore sia di strato di fondo per successivi cicli di verniciatura, mediante l'applicazione di una resina composta da un copolimero vinil-acrilico con caratteristiche di durezza, flessibilità e resistenza agli urti, permeabilità al vapore d'acqua ed all'ossigeno di 15-25 gr./mq./mm./giorno, con un contenuto di ossido di ferro inferiore al 3%, non inquinante, applicabile a rullo, pennello ed a spruzzo su metalli ferrosi e non, in almeno due mani;– verniciatura antiruggine di opere in ferro costituita da una mano di minio di piombo mescolato con piccole quantità di olio di lino cotto o realizzata con prodotto oleosintetico equivalente previa preparazione del sottofondo con carteggiatura, sabbiatura o pulizia completa del metallo stesso.

33.1.8 PITTURE MURALI CON RESINE PLASTICHE

Le pitture murali di questo tipo avranno come leganti delle resine sintetiche (polimeri cloro vinilici, ecc.) e solventi organici; avranno resistenza agli agenti atmosferici ed al deperimento in generale, avranno adeguate proprietà di aereazione e saranno di facile applicabilità.

33.1.9 RESINE EPOSSIDICHE

Verniciatura di opere in ferro con resine epossidiche bicomponenti (kg/mq. 0,60) da applicare su superfici già predisposte in almeno due mani.

33.1.10 SMALTO OLEOSINTETICO

Avranno come componenti le resine sintetiche o naturali, pigmenti aggiuntivi, vari additivi e saranno forniti in confezione sigillata con tutte le indicazioni sulla composizione e sulle modalità d'uso. Le caratteristiche dovranno essere quelle previste dalle norme già citate e dovranno, inoltre, garantire la durabilità, la stabilità dei colori, la resistenza agli agenti atmosferici, ecc. Verniciatura con smalto oleo sintetico, realizzata con componenti (olio e resine sintetiche con percentuali adeguate dei vari elementi) a basso contenuto di tossicità, da utilizzare su opere in ferro mediante applicazione a pennello in almeno due mani su superfici precedentemente trattate anche con vernice antiruggine. I tempi di essiccazione saranno intorno alle 6 ore.

33.1.11 VERNICE SILOSSANICHE

L'idropittura silossanica, la finitura organica a base di resina silossanica, è una vernice dall'ottima idrorepellenza e grande permeabilità al vapore acqueo, la soluzione adatta per facciate di qualità e lunga durata. Chiamata anche vernice silossanica o pittura a base di silossani è largamente utilizzata per la colorazione e la ristrutturazione delle facciate. Il nome deriva dal suo componente chiave, i silossani, ovvero delle resine che si ricavano dalla silice o ossido di silicio attraverso una reazione chimica che prende il nome di polimerizzazione e dalle resine siliconiche. Le resine acriliche hanno una funzione legante, che conferisce la giusta adesione al supporto, mentre le resine siliconiche conferiscono le caratteristiche di idrorepellenza e permeabilità al vapore. Le idropitture silossaniche hanno delle caratteristiche che le rendono uniche rispetto alle altre tipologie di pittura (come ad esempio, la pittura ai silicati o a base di calce). Grande idrorepellenza unita a una buona traspirabilità permette di disinnescare "l'effetto umidità". Resistenza all'erosione causata dall'inquinamento atmosferico o ad altri agenti deleteri per la durata delle facciate (come la muffa o i batteri). Estrema facilità di applicazione: da questo punto di vista la pittura silossanica è equiparabile alle classiche idropitture ed è in linea con gli altri prodotti a base di resine organiche. Ottimo livello di resistenza agli agenti atmosferici, nello specifico le piogge e l'eccessiva esposizione ai raggi ultravioletti. Garantisce un buon valore decorativo, salvaguardando la componente estetica della facciata. E' compatibile con qualsiasi pigmento colorato, sia organico che inorganico. La migliore applicazione delle idropitture silossaniche è la tinteggiatura delle facciate esterne, perché questi prodotti offrono numerosi vantaggi. Infatti, la stesura è piuttosto semplice (simile a quella delle pitture lavabili) e perciò la tinteggiatura può essere eseguita in fai da te. Oltre ad una indubbia valenza estetica e decorativa, queste pitture sono stabili agli sbalzi termici e non provocano distacchi o sfogliamenti; resistono alle piogge acide e ai raggi ultravioletti ed hanno una buona resistenza alla corrosione da inquinamento e all'attacco di muffe e microrganismi. Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

34 IMPERMEABILIZZAZIONI

34.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

Le presenti DTC "Impermeabilizzazioni" si applicano alle impermeabilizzazioni realizzate con teli bituminosi, materiali bituminosi e nastri metallici nonché con teli di elastomeri a protezione contro l'umidità del terreno e contro l'acqua di percolazione non ristagnante, contro l'acqua in pressione e senza nonché alla realizzazione degli strati di materiali isolanti, barriere nonché a strati di bloccaggio, di separazione e di protezione. Esse si applicano anche alle impermeabilizzazioni sotto aree a verde intensivo.

Le DTC "Impermeabilizzazioni" non si applicano a:

- calcestruzzo impermeabile (vedi DTC "Opere in calcestruzzo"),
- impermeabilizzazioni di coperture e impermeabilizzazioni di manti di inverdimento pensile estensivo,
- Lavori in asfalto colato
- Impermeabilizzazione interna delle vasche

34.2 MATERIALI, ELEMENTI COSTRUTTIVI

Per i principali materiali ed elementi costruttivi normalizzati vengono citate in particolare le seguenti norme tecniche di riferimento:

UNI 8178 Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali.

UNI 8202 Edilizia. Membrane per impermeabilizzazione. Parte 20

UNI 8818 Membrane per impermeabilizzazione. Classificazione descrittiva del prodotto.

UNI 9168 Membrane complementari per impermeabilizzazione. Parte 2

UNI EN 1427 Bitumi e leganti bituminosi – Determinazione del punto di rammollimento – Metodo biglia e anello

UNI EN 13111 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Sottostrati per coperture discontinue e pareti – Determinazione della resistenza alla penetrazione dell'acqua

UNI EN 13859-2 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Definizioni e caratteristiche dei sottostrati – Parte 2: Sottostrati murari

UNI EN 13967 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Membrane di materiale plastico e di gomma impermeabili all'umidità incluse membrane di materiale plastico e di gomma destinate a impedire la risalita di umidità dal suolo – Definizioni e caratteristiche

UNI EN 13969 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Membrane bituminose destinate a impedire la risalita di umidità dal suolo – Definizioni e caratteristiche

UNI EN 13970 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Strati bituminosi per il controllo del vapore d'acqua – Definizioni e caratteristiche

UNI EN 13984 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Strati di plastica e di gomma per il controllo del vapore – Definizioni e caratteristiche

UNI EN 14187 Materiali per la sigillatura a freddo dei giunti Parte 1 – 9

UNI EN 14188 Filler e materiali per la sigillatura dei giunti Parte 1 – 4

UNI EN 14891 Prodotti impermeabilizzanti applicati liquidi da utilizzare sotto a piastrelature di ceramica incollate con adesivi – Requisiti, metodi di prova, valutazione della conformità, classificazione e designazione

UNI EN 14909 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Membrane di materiale plastico e di gomma destinate ad impedire la risalita di umidità – Definizioni e caratteristiche

UNI EN 14967 Membrane flessibili per impermeabilizzazione – Membrane bituminose per muratura destinate ad impedire la risalita di umidità – Definizioni e caratteristiche

UNI EN ISO 7389 Edilizia – Prodotti per giunti – Determinazione del recupero elastico dei sigillanti

UNI EN ISO 7390 Edilizia – Prodotti per giunti – Determinazione della resistenza allo scorrimento dei sigillanti

UNI EN ISO 9047 Edilizia – Sigillanti – Determinazione delle proprietà di adesione/coesione in condizioni di temperatura variabile

UNI EN ISO 11431 Edilizia – Prodotti per giunti – Determinazione delle proprietà di adesione/coesione dei sigillanti dopo esposizione al calore, all'acqua e alla luce artificiale attraverso il vetro

UNI EN ISO 11600 Edilizia – Prodotti per giunti – Classificazione e requisiti per i sigillanti

34.3 ESECUZIONE

34.3.1 Generalità

Per l'esecuzione di impermeabilizzazioni vale la norma DIN 18195 "Impermeabilizzazioni di edifici – Parte 1 a 10".

Per la verifica delle prestazioni valgono i paragrafi 5.4.4 e 7.4.6 della norma DIN 18195-3 "Impermeabilizzazioni di edifici – Parte 3: Requisiti del supporto e alla lavorazione dei materiali".

Nel corso delle proprie verifiche l'Appaltatore dovrà formulare le proprie obiezioni, in particolare nei seguenti casi:

- scostamento delle opere realizzate dalle prescrizioni,
- pendenze non adeguate o errate,
- configurazione carente del supporto delle impermeabilizzazioni, ad esempio:
- rilevanti difetti di planarità,
- insufficiente resistenza meccanica,
- fessure da tensioni e da assestamento, vuoti, vespai, scolature di boiacca,
- superfici troppo fredde, ruvide, porose, lisce, umide o troppo assorbenti ovvero con residui di oli e grassi,
- spigoli vivi di casseforme, discontinuità e sbavature,
- angoli, spigoli e gole non arrotondati correttamente,
- mancanti protezioni contro lo scorrimento,
- tipo o posizione non idonei di elementi costruttivi passanti, di scarichi o di giunti di dilatazione,
- tipo e posizione non idonei o mancanza di scarichi o di altri dispositivi per l'evacuazione delle acque nonché di elementi incorporati per il raccordo dell'impermeabilizzazione con elementi passanti,
- condizioni climatiche non adatte (vedi punto 3.1.4).

In presenza di condizioni atmosferiche non adatte, ad esempio nel caso di supporti da impermeabilizzare di calcestruzzo, muratura, intonaco o legno bagnati o nel caso di lavori di incollaggio da eseguire con temperature inferiori a +5°C, dovranno essere concordate con il Committente idonee misure particolari. Le prestazioni per mettere in opera tali misure costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 22.4.2.1).

Prima dell'esecuzione dei lavori susseguenti, potrà essere richiesta un'ispezione congiunta delle impermeabilizzazioni, anche se già collaudate, da parte del Committente e dell'Appaltatore. I danni rilevati devono essere eliminati dall'Appaltatore. Le prestazioni per eliminare danni non imputabili all'Appaltatore costituiscono prestazioni particolari (vedi punto 22.4.2.1).

Giunti di dilatazione della costruzione devono essere ripresi con dispositivi che consentano uguali deformazioni nel manto.

Qualora nel sistema costruttivo adottato siano previste pitture di imprimitura e di ancoraggio, potranno venire usati solo prodotti a base di solventi o in emulsione.

Barriere al vapore dovranno essere realizzate con membrane bituminose da saldare.

34.3.2 Impermeabilizzazione contro l'umidità risalente dal suolo e contro l'acqua di percolazione non ristagnante

- Impermeabilizzazione orizzontale all'interno di o sotto pareti L'impermeabilizzazione è costituita da una singola membrana bituminosa semplicemente posata sul supporto.
- Impermeabilizzazione su pareti esterne

L'impermeabilizzazione è realizzata mediante applicazione in due mani di una massa bituminosa modificata con resine.

Lo spessore dello strato essiccato non deve essere inferiore a 3 mm.

Compatibilmente con il sistema adottato va applicato uno strato di imprimitura.

- Impermeabilizzazione di platee di fondazione

L'impermeabilizzazione va eseguita con una singola membrana bituminosa posata in indipendenza sul supporto. Le sovrapposizioni delle membrane vanno saldate tra di loro.

34.3.3 Impermeabilizzazione in corrispondenza di giunti di dilatazione

Per l'impermeabilizzazione in corrispondenza di giunti di dilatazione con un'escursione non maggiore di 10 mm vale quanto segue:

34.3.4 Raccordi di impermeabilizzazione nella zona platea di fondazione/parete

- Per le impermeabilizzazioni contro l'acqua di percolazione ristagnante secondo il punto 3.4 o contro l'acqua in pressione dall'esterno secondo il punto 22.3.5, posate all'esterno, i raccordi vanno eseguiti mediante ripresa sul manto con rimozione della protezione.
- Per le impermeabilizzazioni secondo il punto 3.6 contro l'acqua in pressione dall'interno ovvero secondo il punto 22.3.7 per aree a verde intensivo, i raccordi vanno realizzati con lamiere preverniciate compatibili con il sistema adottato.

34.3.5 Strati isolanti, strati di separazione, strati di protezione

- Strati isolanti su solai e simili devono essere realizzati con isolanti termici resistenti al calpestio. In corrispondenza dei raccordi con risvolti lungo muri o altri elementi costruttivi, devono essere inseriti listelli triangolari della dimensione minima 50 mm/50 mm.
- Strati di separazione devono essere realizzati con teli di polietilene dello spessore minimo di 0,2 mm.
- Strati di protezione devono essere realizzati con teli di tessuto non tessuto di fibre sintetiche con una massa di almeno 300 g/m².

34.4 PRESTAZIONI ACCESSORIE E PARTICOLARI

Prestazioni accessorie sono in particolare:

- Montaggio e smontaggio, nonché messa a disposizione dei ponteggi i cui piani di lavoro ad altezza non superiore a 2 m sopra il terreno o il pavimento.
- Pulizia del supporto dell'impermeabilizzazione

Prestazioni particolari aggiuntive da considerarsi sono:

- Pretrattamento del supporto dell'impermeabilizzazione, per quanto non si tratti di un onere comunque messo a carico dell'Appaltatore.
- Pulizia del sottofondo da sporcizia grossolana p.es. resti di gesso o malta, colore, olio, per quanto essa non sia imputabile all'Appaltatore.
- Messa a disposizione di locali di soggiorno e di deposito, se il Committente non mette a disposizione dei locali facilmente chiudibili a chiave.
- Montaggio e smontaggio nonché messa a disposizione dei ponteggi i cui piani di lavoro si trovino ad una quota più alta di 2 m sopra il piano campagna o il pavimento.
- Misure protettive.
- Realizzazione di strati protettivi
- Apertura e chiusura di cavità.
- Realizzazione di impermeabilizzazioni in corrispondenza di giunti di dilatazione.
- Rinforzi di impermeabilizzazioni su superfici, in corrispondenza di spigoli, gole, raccordi, bordi e raccordi.
- Realizzazione di guscie di raccordo.
- Realizzazione di raccordi dell'impermeabilizzazione in corrispondenza di penetrazioni, per i collegamenti e raccordi con elementi incorporati, per es. flange adesive o saldate, fascette, barre e profilati di fissaggio, sistemi di raccordo a flange.
- Riprese sul manto esistente con rimozione della protezione o su lembo sporgente.
- Fornitura e posa di opera di elementi accessori.
- Posa in opera e collegamento impermeabile di elementi consegnati dal Committente nonché smontaggio e posa in opera di elementi per prestazioni di altre imprese.

- Completamento di impermeabilizzazioni in due fasi lavorative per consentire l'esecuzione di lavori di altre imprese, qualora le prestazioni non possono essere fornite senza soluzione di continuità nell'ambito di lavori di impermeabilizzazione similari.
- Prestazioni per misure particolari per la protezione di elementi costruttivi o di componenti degli impianti nonché di arredi, ad esempio mascheratura di elementi costruttivi o di attrezzature tecniche, applicazione di lastre o di teli protettivi per l'edilizia.
- Verifiche della qualità dei materiali, degli elementi costruttivi e delle prestazioni, per quanto siano richieste dal Committente oltre alle prestazioni descritte al punto 22.3.1.2.
- Verifica della resistenza a trazione superficiale del supporto.

35 INFISSI

35.1 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).

35.2 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.

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.

35.3 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 ad 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

35.4 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 ad esclusivo uso dei pedoni (ad una o due ante; con pannelli laterali e/o sopra-luce);

- porte destinate ad uscita di sicurezza con maniglioni antipánico;
- finestre (uso esterno) ad una e due ante (incluso le guarnizioni di tenuta alle intemperie);
- porte finestre (uso esterno) ad 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.

35.5 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.

35.6 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.

35.7 PORTONI CON APERTURA A LIBRO

La struttura portante dell'intero portone sarà realizzata con profili in acciaio zincato.

Caratteristiche:

- Prodotto conforme alla normativa UNI EN 13241 -1 A1:2011 CE
- Apertura a libro su guida superiore in acciaio zincato con staffe di fissaggio, scorrimento su carrelli di scorrimento con cuscinetti e perni registrabili
- Assenza di guida inferiore
- Possibilità di regolazione del ribaltamento delle ante a 90° o 180°, durante la fase di montaggio.
- Pannello con rivestimento in doppia lamiera di acciaio zincato, preverniciato, spess. 5/10+5/10 liscia o goffrata, con film protettivo, coibentazione integrale con poliuretano autoestinguente classe B2 esente da CFC iniettato con ciclo di schiumatura ad alta pressione con densità non inferiore 40 kg/mc.
- Sistema di chiusura manuale mediante cariglioni interni a due punti di chiusura (alto/basso), aste in acciaio zincato con nottolini di guida non in vista, riscontro a pavimento, in acciaio inox
- Trasmittanza termica $U_w \leq 0,7 \text{ W/mq}^\circ\text{K}$.
- Sistema di tenuta aria/acqua:

A. tra anta e anta con guarnizioni antischiacciamento/antivecchiamento in epdm;

- B.** tra ante e guida con guarnizione antinvecchiamento in epdm;
 - C.** tra anta e muro con guarnizioni antinvecchiamento in epdm;
 - D.** a pavimento con spazzolino
- Presenza di oblò trasparenti
 - porta pedonale con apertura a battente con maniglione antipanico
 - Dimensioni come da progetto

36 OPERE DA LATTONIERE

36.1 DEFINIZIONE E SCOPO

I manufatti ed i lavori in genere in lamiera di acciaio zincata, di acciaio AISI 304 , di rame, di piombo, di ottone, di alluminio o di altri metalli, dovranno essere delle dimensioni e delle forme richieste, lavorati con la massima precisione ed a perfetta finitura.

Le lamiere di qualsiasi tipo dovranno essere lavorate rispettando perfettamente le sagomature e le dimensioni di progetto; a lavori ultimati dovranno risultare corredate di tutti gli accessori e pezzi speciali occorrenti con giunzioni chiodate, ribattute o saldate, secondo le prescrizioni del presente Capitolato.

L'Appaltatore ha l'obbligo di presentare preventivamente alla Direzione dei Lavori un campione delle opere ordinate, affinché venga accettato o vi possano essere apportate modifiche che la stessa riterrà opportune prima dell'inizio delle opere stesse, senza che queste vengano ad alterare i prezzi stabiliti ed i patti contrattuali. Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

36.2 CANALI DI GRONDA

I canali di gronda, dovranno essere montati con pendenze non inferiori allo 0,5% e comunque tali da consentire il normale convogliamento delle acque ai punti di scarico, senza formare punti di ristagno o contropendenze.

I bordi dei canali di gronda dovranno essere risvoltati, ripiegati ed uniti in modo da garantire la necessaria rigidità dei manufatti e, nel contempo, in modo da seguire fedelmente le linee di progetto. I canali di gronda, a sbalzo ed in appoggio su cornicioni aggettanti, dovranno essere sostenuti da appositi sostegni metallici convenientemente trattati contro la ruggine ed adeguatamente fissati alla falda con interasse non superiore a m 1,00, mentre i canali di gronda inseriti in cornicioni sagomati dovranno avere la superficie nascosta convenientemente trattata contro gli ossidi e staccata dalla superficie del cornicione sagomato di almeno mm 5 per lato onde favorire una sufficiente aerazione. L'appaltatore dovrà predisporre un adeguato numero di giunti di dilatazione sui tratti che risultassero eccessivamente lunghi. Le giunzioni dei canali di gronda dovranno essere realizzate mediante sovrapposizioni delle lamiere di almeno cm 5, avendo cura di predisporre le pendenze delle sovrapposizioni verso i punti di scarico; le lamiere così sovrapposte dovranno poi essere chiodate con ribattini di rame e saldate a tenuta perfetta.

I canali di gronda dovranno essere collegati con i pluviali a mezzo di raccordi i cui tubi di invito agli sbocchi dovranno immettersi in modo perfetto e per almeno cm 15 nei pluviali stessi. Gli sbocchi dei canali di gronda nei pluviali dovranno essere corredati di apposite griglie parafoglie.

36.3 PLUVIALI

I pluviali potranno essere applicati, in rapporto alle prescrizioni, all'esterno dei fabbricati oppure incassati in apposite tracce ricavate nelle strutture murarie. I pluviali saranno posti in opera, di norma, a distanze non superiori a 25 m e saranno fissati alla struttura muraria, a non meno di 5 cm dal filo esterno di parete (esterna o di incasso), mediante opportuni bracciali snodati muniti degli occorrenti anelli (collari); l'interasse di questi non dovrà superare 1,50 m ed il fissaggio della tubazione sarà bloccato sotto bicchiere

e libero nel punto intermedio (collare guida). Qualora le acque raccolte nei pluviali dovessero essere convogliate nei canali di fogna, lo scarico degli stessi dovrà avvenire in appositi pozzetti sifonati, prefabbricati, ubicati in posizione tale da rendere possibile una facile ispezione. Il collegamento dovrà avvenire a perfetta tenuta, possibilmente realizzata mediante l'inserimento di una guarnizione elastica.

- Pluviali esterni.

Avranno i sostegni fissati con leggera pendenza verso l'esterno o idoneamente sagomati e forniti di tacche gocciolatoio, così da evitare che l'acqua piovana filtri nelle murature. Il collegamento con canali di gronda sarà effettuato nel perfetto rispetto degli esecutivi di progetto e delle disposizioni della Direzione. Saranno impiegati idonei pezzi speciali (rapportati al tipo dei raccordi e alle caratteristiche dei materiali impiegati) nonchè giunzioni adeguate (saldature, incollaggi) e materiali ausiliari di tenuta (guarnizioni, sigillanti) in maniera tale da garantire l'assoluta assenza di perdite o di infiltrazioni di acqua.

- Pluviali incassati

Saranno realizzati con tubi di polietilene, con assoluta esclusione dei condotti in lamiera. La posa in opera avverrà come per i pluviali esterni curando che la tubazione non disti meno di 5 cm da tutte le pareti di contorno. Diametri come da elaborati grafici.

36.4 CONVERSE, COMPLUVI, SCOSSALINE, BANDINELLE

Le converse, i compluvi, le scossaline e le bandinelle dovranno avere lo spessore, la forma e le dimensioni conformi alle indicazioni di progetto.

Tutti i manufatti relativi a converse, colmi, compluvi e scossaline dovranno essere, salvo diverse o specifiche indicazioni di progetto, con spessori superiori o uguali a 6/10. Avranno sviluppo adeguato (larghezza comunque non minore di 50 cm, fatta eccezione per le scossaline) e sagoma come da progetto o da prescrizione. La saldatura dei giunti sarà fatta con una sovrapposizione di circa 5 cm, su entrambi i fili di testa, e rinforzata con rivetti distanti $5 \div 6$ cm e sfalsati. La pendenza non dovrà essere inferiore all'1%. Nella posa dei lunghi tratti si dovrà tener conto della dilatazione; si poseranno quindi in opera tratti di circa 20 cm, distaccando le testane di circa 3 cm e coprendo i bordi superiori con un cappellotto coprigiunto. Le converse poste lungo le pareti verticali in muratura dovranno avere le estremità libere per la dilatazione del metallo ed essere munite di sgoccioline, murate nell'apposita incavatura predisposta nella parete.

37 COPERTURE

Il sistema di copertura dovrà garantire la perfetta impermeabilità del tetto in ogni condizione climatica. Il sistema di copertura dovrà essere realizzato a regola d'arte impiegando ogni pezzo speciale, accessorio, complemento occorrente. Le viterie saranno di norma in acciaio inox, saranno impiegati appositi pezzi speciali per il passaggio di qualsiasi condotta impiantistica.

Onde evitare il formarsi di coppie galvaniche, ogni contatto con metalli diversi dovrà essere isolato mediante l'interposizione di apposite fettucce adesive di P.V.C. o similare. La copertura sarà montata nel rispetto delle indicazioni di posa della ditta produttrice con particolare riguardo alle sovrapposizioni tra le lastre che dovranno sempre rientrare nei minimi previsti in funzione della pendenza della falda più 5 cm per migliorare le condizioni di sicurezza.

37.1 COPERTURA VERDE PENSILE TIPO ESTENSIVO A SEDUM

Copertura composta da:

- elemento di tenuta antiradice, compresi risvolti perimetrali e bocchette di scarico;-
- strato di drenaggio e stoccaggio;
- elemento di filtro e stabilizzazione;
- substrato di coltura;
- fertilizzante di completamento;
- elementi di ispezione;
- vegetazione di base sedum;
- protezione meccanica e drenaggio perimetrale;
- impianto di irrigazione di soccorso.

37.1.1 ELEMENTO DI TENUTA ANTIRADICE

Fornitura e posa in opera di Membrana sintetica tipo "Vaetech V", composta di Etilene Vinil Acetato/ Vinile Acrilico estere, con un apporto di polimeri nobili superiori al 90% e un'armatura in poliestere.

Questa membrana possiede una grande e duratura flessibilità grazie alla copolimerizzazione dei componenti del VAE. La membrana si compone di polimeri di diversi tipi ma con una struttura omogenea.

Il processo di produzione deve essere certificato EN ISO 9001 ed il prodotto possedere il marchio CE.

La membrana è anti-radice e conforme alla EN 13948, ha una longevità provata di 30 anni, secondo uno studio di IBMBMPA «Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz – Materialprüfanstalt für das Bauwesen».

La membrana deve possedere un'alta permeabilità al vapore con un coefficiente (sd) di 20.000 secondo la norma EN 1931 ed essere compatibile con le membrane bituminose secondo la norma EN 1548.

Posa in opera a secco sopra lo strato di coibentazione.

Per la realizzazione delle chiusure di: raccordi elementi uscenti, sormonti trasversali tipo VAEtech V /V FR/ VS, angoli eseguiti in opera, si utilizzeranno fasce o fazzoletti di membrana tipo VAEtech F aventi almeno lo stesso spessore della membrana utilizzata per l'intera copertura, e sarà utilizzato il sistema di saldatura tramite idoneo saldatore ad aria calda tipo (Leister).

L'elemento di tenuta deve essere completo di elemento di fissaggio perimetrale costituito da una barra preforata in lamiera zincata dello spessore di 1,2 mm. Fissaggio mediante tasselli ad espansione del manto al piede di tutti i risvolti verticali e dei corpi fuoriuscenti.

Caratteristiche tecniche:

- Spessore 1,5 mm
- Resistenza al peeling delle giunzioni > 300 N/ 50 mm EN 12316-2
- Resistenza a trazione delle giunzioni > 600 N /50 mm EN 12316-2
- Resistenza alla grandine > 30 m/s EN 13583
- Resistenza a trazione L/T > 670 N/ 50mm EN 12311-2
- Allungamento a rottura >250 % EN 12311-2
- Resistenza allo strappo >200 N EN 12310-2
- Punzonamento dinamico > 550 mm EN 12691 (A)
- Punzonamento statico > 20 kg EN12730 (B)
- Resistenza alle radici Supera la prova EN 13948
- Flessibilità a bassa temperatura = - 25° C EN 495-5
- Permeabilità al vapor d'acqua μ 20.000

37.1.2 ELEMENTO DI TENUTA ANTIRADICE – RISVOLTI VERTICALI

Fornitura e posa in opera di Membrana impermeabile termoplastica per coperture, Tipo "Vaetech F", senza armatura, omogenea, compatibile con bitume, ad elevata concentrazione di polimeri VAE/VC-EVA, disponibile negli spessori da 1,20 e 1,50 mm e nelle colorazioni grigio chiaro (standard), bianco ed altri colori disponibili su richiesta, ideale per la realizzazione dei dettagli, dei risvolti verticali, dei raccordi in opera e del pontage dei giunti e dei sormonti trasversali di testa.

Posa mediante incollaggio totale con l'utilizzo di adesivo plastico tipo "Contact Glu". Il collante plastico, contenendo solventi dovrà essere lasciato evaporare, dopo la stesura. Il tempo di evaporazione varierà secondo le condizioni climatiche esistenti.

Per la realizzazione delle chiusure di: raccordi elementi uscenti, sormonti trasversali tipo VAEtech V /V FR/ VS, angoli eseguiti in opera, si utilizzeranno fasce o fazzoletti di membrana tipo VAEtech F aventi almeno lo stesso spessore della membrana utilizzata per l'intera copertura, e sarà utilizzato il sistema di saldatura tramite idoneo saldatore ad aria calda tipo (Leister).

Caratteristiche tecniche (come al paragrafo precedente)

37.1.3 STRATO DI DRENAGGIO E STOCCAGGIO IDRICO

Fornitura e posa in opera di pannelli rigidi in polistirene espanso sinterizzato di colore bianco tipo "DAKU FSD 20" (prodotti con materia prima vergine esente da rigenerato), massa grezza 25 kg/mc, scarsamente infiammabili. DAKU FSD 20 è conforme alle prescrizioni della normativa UNI 11235:2015 ed è utilizzato come protezione meccanica del manto impermeabile (non necessita di strato di separazione) e come strato di drenaggio e stoccaggio idrico per la realizzazione di coperture a verde pensile.

Caratteristiche tecniche:

- Dimensioni 1000 x 1250 mm
- Spessore 82 mm
- Massa grezza 25 Kg/mc (+/-10%)
- Capacità massima di accumulo idrico 13,1 litri/mq ca.
- Battente tra pelo libero dell'acqua e filtro 10 mm
- Volume d'aria libera con massimo accumulo idrico 21,5 litri/mq
- Capacità drenante sul piano a 20 kPa con $i=0,01$ con supporto rigido/rigido, longitudinale 1,46 l/ms (EN ISO 12958), trasversale 1,44 l/ms (EN ISO 12958)

- Capacità drenante sul piano a 20 kPa con $i=0,1$ con supporto rigido/rigido, longitudinale 4,95 l/ms (EN ISO 12958), trasversale 4,90 l/ms (EN ISO 12958)
- Capacità drenante verticale 0,73 l/mqs (EN ISO 11058)
- Resistenza alla dispersione termica K 0,71 mq x K/W
- Conducibilità termica 0,034 W/mK (UNI EN 12667)
- Altezza piedini di appoggio 20 mm
- Quantità piedini di appoggio 252 pz
- Superficie di appoggio 2.052 cmq/mq
- Classe di infiammabilità E (EN 13051)

37.1.4 ELEMENTO DI FILTRO E STABILIZZAZIONE

Fornitura e posa in opera di geotessile non-tessuto in fibre di polipropilene tipo "DAKU STABILFILTER SFE", - Spessore mm 1,35 (EN 9863-1) ottenuto mediante agugliatura, coesionato termicamente senza collanti o leganti chimici. Il materiale deve essere conforme alle prescrizioni della normativa UNI 11235:2015 ed utilizzato come di strato di separazione e filtro tra gli elementi di drenaggio-stoccaggio idrico e il substrato per soluzioni di rinverdimento Estensive; ripartisce e rilascia uniformemente l'acqua contenuta nella riserva idrica consentendone un assorbimento graduale al substrato. Posa in opera a secco mediante stesura sormontando i teli di ca. 10 cm e risvoltando sui verticali della copertura per un'altezza pari a quella dello spessore del substrato.

Caratteristiche tecniche:

- Dimensioni (rotolo) 2,00 x 50 m (100 mq)
- Massa areica 220 gr/mq. (+/-10%) (EN ISO 9864)
- Spessore materiale a 2kPa 1,35 mm (+/-20%) (EN ISO 9863-1)
- Resistenza a trazione, longitudinale 17 Kn/m (-10%) (EN ISO 10319), trasversale 17 Kn/m (-10%) (EN ISO 10319)
- Allungamento a rottura, longitudinale 65% (+/-30%) (EN ISO 10319), trasversale 70% (+/-30%) (EN ISO 10319)
- Deformazione al carico di esercizio, Long. - Trasv: <20%
- Resistenza al punzonamento statico CBR 2.6 KN (-10%) (EN ISO 12236)
- Resistenza al punzonamento dinamico "cone drop" 17 mm (+20%) (EN ISO 13433)
- Indice di velocità VIH=50 85 mm/s (-30%) (EN ISO 11058)
- Capacità di Flusso nel piano 2,10 x 10⁻³ l/ms (-30%) (EN ISO 12958)
- Apertura caratteristica dei pori $d=90\%$ 0,08 mm (+/-30%) (EN ISO 12956)
- Resistenza all'ossidazione (previsione durabilità) minimo 25 anni (EN ISO 12956)

37.1.5 SUBSTRATO DI COLTURA

Fornitura e posa in opera di substrato pre-confezionato leggero tipo "DAKU ROOF SOIL 2" composto da un mix di inerti di origine vulcanica in diverse specifiche quantità e granulometrie (lapillo di lava, pietra pomice) oltre che sostanza organica, costituita da un ammendante compostato torboso misto tipo "DAKU KOMPOST"; il substrato deve essere conforme alle prescrizioni della normativa UNI 11235:2015 ed è esente da sostanze tossiche e microrganismi dannosi (larve, nematodi). Adatto per l'utilizzo su coperture a giardino pensile e tetto verde, le sue caratteristiche fisico – chimiche consentono la messa a dimora e lo sviluppo di essenze arboree, arbustive, tappezzanti, ma soprattutto permette una rapida radicazione e lo sviluppo di talee di sedum, in spessori estremamente contenuti. Posa in opera mediante stesura manuale sopra gli elementi di filtro e separazione.

Caratteristiche tecniche:

- Massa volumica apparente secca 650-750 Kg/mc (UNI EN 13041)
- Peso a potenziale saturazione 1.424 kg/mc (UNI EN 13041)
- Peso a saturazione di campo 1.072 kg/mc
- Fuso granulometrico nei limiti UNI 11235 (UNI EN 15428:2008)
- Velocità di infiltrazione >30 mm/min (DIN 18035-4)
- Riduzione del volume alla compressione < 7% (DIN 18035-4)
- Valore Ph 7-8 (UNI EN 13037)
- Conducibilità elettrica 24 mS/m (UNI EN 13038)
- Capacità di scambio cationico 16,3 meq/100g (DM 13/09/1999)
- Sostanza organica ≤ 60 g/litro s.s. (UNI EN 13039)
- Porosità totale ≥ 70 % v/v (UNI EN 13041)
- Capacità di ritenzione idrica a pF 0,7 ≥ 40 % v/v (UNI EN 13041)
- Volume d'aria a pF 1,0 30-40 % v/v (UNI EN 13041)
- Acqua disponibile > 30 % v/v (UNI EN 13041)
- Volume commerciale 17,2 litri (+/-10%) (UNI EN 12058)

* Poiché il substrato è costituito da materiali naturali, le caratteristiche sopra riportate sono valori medi di produzione.

37.1.6 FERTILIZZANTE DI COMPLETAMENTO

Fornitura e posa in opera di formulato nutrizionale di completamento tipo "DAKU PLUS-E" per substrato. Composto da granuli fertilizzanti ricoperti da una speciale membrana polimerica biodegradabile che consente il rilascio graduale dei nutrienti in funzione della temperatura del substrato, su un arco temporale di diversi mesi. La posa avviene mediante distribuzione manuale in ragione di 8 gr/mq per ogni cm di substrato.

Caratteristiche tecniche:

- Azoto totale 14%
- Azoto Nitrico 5,2%
- Azoto Ammoniacale 8,8%
- Anidride Fosforica (solubile in citrato ammonico neutro e acqua) 14,8%
- Anidride Fosforica (solubile in acqua) 13,4%
- Ossido di Potassio 12%

37.1.7 ELEMENTO DI ISPEZIONE

Fornitura e posa in opera di elemento di ispezione alle bocchette di scarico tipo "DAKU CONTROLLER", di altezza necessaria al contenimento dello spessore del substrato o altri elementi (inerti, massetti, pavimentazioni) all'interno dei pacchetti a verde pensile; realizzato con profilo presso-piegato e rivettato, in lega di Alluminio-Magnesio, buona resistenza alla corrosione e trazione, dotato di fessurazioni (mm 4) atte a garantire il deflusso e l'aerazione, comprensivo di coperchio fessurato e richiudibile secondo UNI 11235/2015.

Caratteristiche tecniche:

- spessore laminato 2,0 mm
- dimensioni base 250 x 250 x 100 (H) mm
- dimensioni coperchio 250 x 250 x 20 (H) mm
- ingombro massimo esterno 330 x 330 ca (n° 2 flange di appoggio)
- asole aerazione e drenaggio (dim. 25x4 mm) n° 112 (base) + n° 58 (coperchio)
- superficie drenaggio e aerazione 170 cmq (compreso coperchio)

Posa in opera senza fissaggi alla struttura, mediante posizionamento sugli elementi di drenaggio e accumulo idrico, successivamente gli strati di stabilizzazione e filtro saranno risvoltati sulle pareti laterali fino alla quota di riempimento del substrato o della ghiaia.

37.1.8 VEGETAZIONE DI BASE SEDUM - TALEA

Fornitura e posa in opera di miscela costituita da erbacee perenni tappezzanti in talea, appartenenti alla famiglia delle Crassulaceae. Notoriamente identificati come sedum, sono vegetali adattati a vivere in ambienti caratterizzati da lunghi periodi di siccità (xerofite), sono considerate piante "rustiche" e "semirustiche" perché sopportano anche le basse temperature. Deve essere utilizzata una miscela composta da diverse specie di sedum (in talea) in proporzioni variabili, scelta in base alle caratteristiche climatiche e di esposizione del luogo di impianto. Messa a dimora mediante distribuzione a spaglio delle talee in ragione di 80-100 gr/mq, successivo parziale rinterro con attrezzature manuali e/o meccaniche e irrigazione.

37.1.9 PROTEZIONE MECCANICA E DRENAGGIO PERIMETRALE

Fornitura e posa in opera di strato di protezione e drenaggio perimetrale di sicurezza (largh. cm 50 ca.) in ghiaia tonda, lavata, di granulometria 20 - 30 mm, per uno spessore massimo pari a quello del substrato stabilizzato. In prossimità dei bordi della copertura costituiranno le fasce di zavorramento necessarie a contrastare l'azione deportante del vento.

In prossimità dei perimetri a confinamento delle fasce drenanti di ghiaia perimetrali e a separazione tra ghiaia e substrato dovranno essere disposti profili drenanti di confinamento del sistema a verde pensile. Il profilo dovrà essere munito di fessure sull'ala verticale e su quella di appoggio e altezza pari ad almeno lo spessore del substrato. I profili verranno posati in linea impiegando gli appositi connettori.

37.1.10 IMPIANTO DI IRRIGAZIONE DI SOCCORSO

Fornitura e posa in opera di impianto di irrigazione a pioggia con irrigatori statici o dinamici. L'impianto deve essere dotato di valvole ad apertura manuale senza fuoriuscita di acqua di scarico. Compreso fornitura e posa di tubi in polietilene ad alta densità (HDPE) idonei per il convogliamento di fluidi in pressione, a norma UNI 7611/76 e 7615/76 tipo 312, per pressioni di esercizio di 980 KPa (10 Kg/cmq), ammessi al marchio di conformità dell'Istituto Italiano Plastici (IIP), di sezione variabile con manutenzione semplificata per il ridotto numero di componenti.

La tipologia Estensiva (solitamente non realizzata per fini estetici) non prevede la necessità di impianti di irrigazione in quanto la capacità di accumulo idrico del sistema DAKU ne regola l'auto-alimentazione consentendo la sopravvivenza della vegetazione.

Qualora il mantenimento ordinario dell'aspetto estetico in condizioni di particolare stress dovuto a siccità prolungata venisse precluso, oppure quando le condizioni ambientali, geografiche o la latitudine dell'intervento lo rendessero necessario, si potrebbe intervenire con irrigazioni di soccorso, eseguite con un sistema semi-automatizzato e con estrema cautela per evitare l'insorgenza di patologie (solite scatenarsi quando si irriga in periodo estivo) e la proliferazione incontrollata delle infestanti.

38 DISPOSITIVI ANTICADUTA

Dispositivi di ancoraggio dovranno consentire l'accesso, il transito e la manutenzione in sicurezza al bordo di coperture piane (con inclinazione massima 5°) durante il funzionamento a regime.

Sistema di protezione anticaduta secondo norma UNI EN 795:2012 e UNI CEN/TS 16415:2013 tipo A e tipo C ideato per l'installazione su tetti verdi costituito da singoli punti di ancoraggio tipo " DAKU SAFETY POINT" collegati con cavo in acciaio, utilizzabile per l'ancoraggio dell'equipaggiamento di sicurezza personale anticaduta, per lavori temporanei, supervisione e manutenzione, da n. 2 operatori per singolo punto di ancoraggio (classe "A") e n. 3 operatori per linea vita (classe "C").

Impiego consentito solo da personale con DPI dotati di adeguato sistema di assorbimento d'energia (sec. EN 355) contestualmente a sistema di arresto conforme (EN 363).

Il sistema di ancoraggio anti caduta è totalmente autoportante con l'impiego di zavorra di sicurezza costituita dal substrato e ghiaia tonda con granulometria massima 10-30 mm per una superficie di 1mq/palo, senza fissaggi alla struttura e senza nessuna perforazione o interazione con la stratigrafia impermeabile.

Il sistema è costituito da:

- n° 8 pz di punti di ancoraggio linea vita tipo "DAKU SAFETY POINT" tipo C in acciaio inox AISI 304 costituiti da piastra strutturale (dim. 730x730x3mm), palo altezza 430mm, fermi a "L", piastra di rinforzo centrale a "C" e bullonerie.
- n° 4 pz di Golfare M16 in acciaio e relativa copiglia di sicurezza.
- n° 8 pz di geogriglia di supporto strutturale tipo "DAKU GRID 5" di colore nero, prodotta in polipropilene con sistema di co-estrusione e stiro biassiale, costituita da una struttura a geogriglie biorientate caratterizzate da dimensioni rilevanti in tutte le tre direzioni principali, con apertura maglie 55-60mm, di dimensione 6x4ml per ogni singolo punto di ancoraggio, con nervature particolarmente spesse e a sezione concava per consentire una ripartizione dei carichi uniforme.
- n° 2 pz di Tenditore in acciaio inox AISI 304 con forcella fissa con cannula a crimpare per tensionamento fune.
- n° 2 pz di Sigillo di sicurezza antimanomissione per Tenditore.
- n° 2 pz di Terminale in acciaio inox AISI 304 con forcella fissa con cannula a crimpare.
- n° 4 pz di Passacavo intermedio Inox 304
- 70 ml di Cavo in acciaio inox AISI 316 di diametro 8mm a 49 fili.
- n° 1 pz di Codice di identificazione linea vita.
- n° 1 pz di Cartello di segnalazione sistema anticaduta.

- n° 1 pz di Morsetti per serraggio cavo dn8.

Le disposizioni di posa "Manuale di Istruzioni per montaggio, uso e manutenzione di dispositivi di ancoraggio per Linee Vita" dovranno essere accettate prima della posa in opera del sistema da parte della Direzione Lavori o Committenza e del Coordinatore della Sicurezza.

Al collaudo delle opere di competenza, sarà consegnato al Committente il piano di posa del sistema di sicurezza anti-caduta così come realizzato e le istruzioni per il suo corretto utilizzo e manutenzione.

39 RECINZIONI E CANCELLI

39.1 RECINZIONI IN PANNELLI DI RETE

La recinzione in pannelli è costituita da pannelli di rete elettrosaldata, maglia 50x200 mm, in doppio filo 8 mm orizzontale e 6 mm verticale, montati su palo con profilo ad Omega simmetrico, con piatto di chiusura e bulloneria Inox antifurto.

Il trattamento superficiale è con verniciatura a polveri poliesteri termoindurenti colore marrone testa di moro.

Altezze come da progetto definitivo.

I pali vengono posati ad un interasse di massimo 250 cm tramite installazione su cordolo in c.a.

39.2 CANCELLO A DUE ANTE BATTENTI

- Dimensioni: Come da elaborati grafici (Luce libera 4 m, H 2 m)
- Battente portone e colonne guida in materiale zincato, trattato con mano di fondo e con mano di fondo a polveri, in tonalità simile a marrone testa di moro
- Riempimento in rete elettrosaldata, maglia 50x200 mm, in doppio filo 8 mm orizzontale e 6 mm verticale, montati su palo con profilo ad Omega simmetrico, con piatto di chiusura e bulloneria Inox antifurto. Il trattamento superficiale è con verniciatura a polveri poliesteri termoindurenti colore marrone testa di moro.

