

## PARTE SECONDA SPECIFICAZIONI DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE

### **Capo 13 GENERALITA' SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE E MANODOPERA**

#### **Art. 68. Prove ed Analisi**

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Stazione appaltante. In particolare, tutte le prove ed analisi dei materiali stradali saranno eseguite, a spese dell'Impresa, presso Laboratori ufficiali. I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente Ufficio Tecnico Provinciale previa opposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione. I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti, ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

#### **Art. 69. Accettazione, qualità e provenienza dei materiali**

A norma dell'art. 15 commi 7 e 8 del D.M. 19 aprile 2000 n° 145, sono a carico dell'Appaltatore gli oneri relativi a prove o analisi, ancorché non prescritte nel capitolato speciale d'appalto, ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti a giudizio insindacabile della direzione dei lavori o dell'organo di collaudo; sono al contrario a carico dell'Amministrazione Appaltante gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie (prove sui materiali utilizzati per il confezionamento delle strutture cementizie armate).

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati. In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori. I materiali proverranno da località o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra. Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti qui di seguito fissati.

##### *1) Graniglia calcarea:*

Dovrà provenire da frantumazione meccanica di pietrame o ciottolo calcareo di durezza non inferiore a 12 Deval e pezzatura secondo le richieste della D.L. Dovrà inoltre presentarsi, all'aspetto, di forma poliedrica e non lamellare, scevra da polvere e sostanze eterogenee.

##### *2) Pietrisco:*

Dovrà provenire da frantumazione meccanica o ciottolo calcareo di durezza non inferiore a 12 Deval e dovrà avere pezzatura di cm. da 4 a 7 o da 7 a 18 e comunque tale pezzatura potrà variare secondo le richieste della D.L.. Dovrà inoltre presentarsi all'aspetto di forma poliedrica e non lamellare, scevro da sostanze organiche, terrose ed eterogenee.

##### *3) Sabbia:*

Dovrà essere di fiume o di frantoio, aspra, fine, vagliata e lavata prima di essere impiegata.

4) *Pietrame in genere, scagliame o ciotolame spaccato a spigoli vivi:*

Il pietrame, lo scagliame, dovranno essere di natura esclusivamente calcarea, compatta non geliva e forniti in dimensioni non inferiori a cm. 20 x 20 x 20 il primo e di cm. da 7 a 18 il secondo, restando facoltà della D.L. di stabilire le percentuali delle varie granulometrie; ambedue di durezza non inferiore a 12 Deval, scevri da terra, sostanze organiche, sabbiose e ghiaiose.

5) *Ghiaia:*

Le ghiaie e ghiaietti per pavimentazioni dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella "Tabella U.N.I. 2710 - Ed. giugno 1945" e successive modifiche.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti da materie eterogenee non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

6) *Materiale arido:*

Dovrà essere formato da ghiaia di cava o di fiume mista a sabbia, scarto di pietrame di cava o ghiaione misto, purché scevro da sostanze fangose, terrose, argillose od organiche. La pezzatura sarà stabilita di volta in volta dalla D.L. secondo il genere dei lavori da eseguire.

7) *Scapoli di pietra:*

Dovranno essere sani e di buona resistenza alla compressione, privi di parti alterate, di dimensioni massime comprese tra 15 e 25 cm ma senza eccessivi divari fra le dimensioni massime e minime misurate nelle diverse dimensioni.

8) *Ciottoli da impiegare per i selciati:*

Dovranno essere sani, duri e durevoli, di forma ovoidale e le dimensioni limite verranno fissate dalla D.L. secondo l'impiego cui sono destinati.

9) *Pietra naturale:*

Le pietre da impiegare nelle murature e nei drenaggi, gabbionate, ecc., dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate. Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego. Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli, dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto in modo da permettere lo stabile assetamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

10) *Pietre da taglio:*

Proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione dei Lavori. Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel Regio Decreto n. 2232 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione". Le forme, le dimensioni, il tipo di lavorazione dei pezzi, verranno di volta in volta indicati dalla Direzione dei Lavori.

11) *Pietre di tufo:*

Le pietre di tufo dovranno essere di struttura compatta ed uniforme evitando quelle pomiciose e facilmente friabili.

12) *Mattoni:*

Dovranno essere di ottima qualità e ciò dovrà essere riconosciuto dalla D.L. Qualora sia rifiutata qualche partita non ritenuta idonea, l'Impresa dovrà sostituirla con un'altra che corrisponda ai requisiti voluti, ed i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere a spese dell'Impresa. Dovranno essere ben cotti, non ferrosi né abrasivi, privi di sostanze eterogenee, calcinaroli, porosità e fessurazioni.

13) *Composizione delle malte per la stuccatura dei giunti delle murature:*

Di norma la composizione delle malte per la stuccatura delle superfici murarie sarà così composta:

- 2 parti di sabbia;
- 0,5 parti di calce bianca;
- 1 parte di cemento bianco;
- modiche quantità di cemento "325";
- acqua di impasto in quantità dipendente dai procedimenti di lavorazione.

Detta composizione sarà concordata con la D.L. e, se necessario modificata, al fine di ottenere una

composizione atta a garantire una continuità di colore con il complesso murario.

*14) Leganti idraulici e calci aeree:*

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 febbraio 1992, alla legge 26 maggio 1965 n. 595 (G.U. n. 143 del 10.06.1965).

I leganti idraulici si distinguono in:

1) Cementi (di cui all'art. 1 lettera A) - B) - C) della legge 595/1965).

Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 3.6.1968 che approva le "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n. 180 del 17.7.1968).

- D.M. 20.11.1984 "Modificazione al D.M. 3.6.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n. 353 del 27.12.1984).

- Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n. 26 del 31.1.1985).

- D.I. 9.3.1988 n. 126 "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi".

2) Agglomerati cementizi e calci idrauliche (di cui all'art. 1 lettera D e E della Legge 595/1965)

Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da: D.M. 31.08.1972 che approva le "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" (G.U. n. 287 del 06-11-1972)

3) Calci aeree – pozzolane

Dovranno rispondere alle "Norme per l'accettazione delle calci aeree" R.D. 16-11-1939 n. 2231

ed alle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico" R.D. 16-11-1936-n. 2230

*15) Acqua:*

Dovrà essere limpida, priva di sali e materie organiche, proveniente da vasche o luoghi di raccolta a scelta dell'Impresa, senza che questa possa avere ragione a chiedere compensi qualsiasi per le difficoltà incontrate per provvedersi dell'acqua medesima, essendosi di tali oneri tenuto conto nella formazione dei prezzi.

*16) Manufatti di cemento:*

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione.

*17) Materiali ferrosi:*

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto.

Gli acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate dal D.M. Infrastrutture del 14 Gennaio 2008, in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 Novembre 1971, n. 1086.

Il lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p. dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 0,2 mm.

L'acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni emanate dal D.M. Infrastrutture del 14 Gennaio 2008.

*18) Legnami:*

I pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno essere sufficientemente diritti e scortecciati per tutta la loro lunghezza; la differenza fra i diametri medi delle due estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza; il legname dovrà corrispondere a tutte le prescrizioni delle vigenti leggi e non presentare difetti incompatibili con l'uso a cui è destinato.

*19) Bitumi:*

Dovranno essere del tipo 50/70 oppure 70/100, semisolidi, oppure del tipo flussato oppure nel caso di conglomerati e malte bituminose, del tipo fluido STV 150/700. Per quanto riguarda l'accettazione di detti bitumi si richiamano le norme e le normative in vigore (UNI EN 12591).

*20) Emulsione bituminosa:*

Dovrà essere del tipo normale o acida, a lenta o rapida rottura, del tenore in bitume del 60%

confezionata con bitume del titolo 70/100 e solventi ed emulsioni di prima qualità. Nel caso di emulsione tipo ad impregnazione, il tenore in bitume sarà del 50%.

*21) Teli di "geotessile":*

Il telo "geotessile" avrà le seguenti caratteristiche:

-composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:

- a) con fibre a filo continuo;
- b) con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito";
- c) con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo "geotessile" dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- coefficiente di permeabilità: per filtrazioni trasversali, compreso fra 10<sup>-3</sup> e 10<sup>-1</sup> cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);
- resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza, non inferiore a 300 N/5cm, con allungamento a rottura compreso fra il 10% e l'85%. Qualora nei tratti in trincea il telo debba assolvere anche funzione di supporto per i sovrastanti strati della pavimentazione, la D.L. potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a 1200 N/5cm o a 1500 N/5cm, fermi restando gli altri requisiti.

Per la determinazione del peso e dello spessore del "geotessile" occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme C.N.R. pubblicate sul B.U. n. 110 del 23.12.1985 e sul B.U. n. 111 del 24.12.1985.

*22) Tubi di PVC:*

I tubi prefabbricati con miscela a base di policloruro di vinile plastificato (rigido) devono avere caratteristiche e spessori conformi alle norme UNI 7443/85, e devono essere del tipo 303/2 per traffico medio leggero, con marchio di conformità (IIP) rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici, con giunto del tipo a bicchiere completo di anello elastomerico.

*23) Tubi in PEAD corrugati:*

I tubi in PEAD corrugati a doppia parete sono tubi in polietilene ad alta densità corrugati a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, secondo UNI 10968, secondo la classe di rigidità indicata (SN4 = 4 KN/mq o SN8 = 8 KN/mq), con marchio di conformità di prodotto rilasciato secondo UNI CEI EN 45011 da Istituto o Ente riconosciuto e accreditato Sincert.

*24) Tubi di cemento:*

Per i tubi di cemento si prescrive che lo spessore del tubo deve essere non inferiore ad 1/13 del diametro interno del tubo stesso. I tubi non dovranno presentare fessurazioni, incrinature, porosità, deformazioni. Le parti sagomate a maschio e femmina non dovranno presentare interruzioni, rottura o sfilido.

*25) Materiali di qualsiasi provenienza da impiegare nelle lavorazioni:*

- materiali per rilevati e/o riempimenti;
- aggregati grossi e fini per conglomerati, drenaggi, fondazioni stradali, ecc.;
- pietrame per murature, drenaggi, gabbioni, ecc..

I materiali da impiegare nelle lavorazioni sopra indicate dovranno essere sottoposti dalla Direzione Lavori, prima del loro impiego, alle verifiche e prove di laboratorio, per accertarne la idoneità in relazione alle particolari utilizzazioni previste.

Dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il proprio benessere sulla base dei risultati delle prove di laboratorio, il materiale potrà essere impiegato nella produzione, fermo restando che l'Impresa stessa sarà responsabile, a tutti gli effetti della rispondenza alle specifiche norme contrattuali. Gli oneri per prove e verifiche di idoneità sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

Per le provviste dei materiali sopra indicati e previsti nel presente capitolato valgono le norme e le prescrizioni degli artt. 20, 21 e 22 del Capitolato Generale a Stampa dello Stato. I materiali approvvigionati dall'Appaltatore saranno accettati solamente quando, a giudizio della D.L., saranno riconosciuti corrispondenti, dalla medesima, a quelli prescritti dal presente Capitolato Speciale per misura, quantità, natura, idoneità, durabilità, applicazione. In particolare si prescrive che i materiali in genere dovranno rispondere ai requisiti riportati nei decreti 16.11.1939 dal n° 2220 al n° 2235 e nella

circolare del Ministero dei LL.PP. n° 1042 del 04.05.1961 ed eventuali successive modifiche.

### **Art. 70. Tracciamenti ed esecuzione di opere**

Prima di iniziare i lavori per la formazione del corpo stradale o di altre opere, l'Impresa dovrà farsi consegnare gli esecutivi dalla Direzione Lavori in corso d'appalto e ripristinare il tracciato di progetto, fissando stabilmente i vertici d'asse ed i caposaldi di livellazione e tutti gli altri elementi occorrenti, mettendo a disposizione della Direzione Lavori gli strumenti necessari. Dovrà, inoltre, picchettare i limiti degli scavi e dei rilevati stabilendo le modine e garbe necessarie e fissare con esattezza l'andamento delle scarpate e la posizione delle opere murarie.

Durante l'esecuzione dei lavori l'Impresa è obbligata a curare la perfetta conservazione, nonché l'immediato ripristino in caso di eventuale manomissione, di tutti gli elementi fissati (vertici, caposaldi, picchetti, ecc.).

### **Art. 71. Manodopera**

Gli operai dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi. L'Appaltatore è obbligato, senza compenso alcuno, a sostituire tutti quegli operai che non riescano di gradimento alla Direzione dei lavori. Circa le prestazioni di manodopera saranno osservate le disposizioni e convenzioni stabilite dalle leggi e dai contratti collettivi di lavoro, stipulati e convalidati a norma delle leggi sulla disciplina giuridica dei rapporti collettivi. Nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, l'Appaltatore si obbliga ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel contratto collettivo nazionale di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende industriali edili ed affini e negli accordi locali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori anzidetti. L'Appaltatore si obbliga altresì ad applicare il contratto e gli accordi medesimi anche dopo la scadenza e fino alla sostituzione e, se cooperative, anche nei rapporti con i soci.

I suddetti obblighi vincolano l'Appaltatore anche se non sia aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale della stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica, economica o sindacale. L'Appaltatore è responsabile in rapporto all'Amministrazione dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei rispettivi loro dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto. Il fatto che il subappalto sia o non sia stato autorizzato, non esime l'Appaltatore dalla responsabilità di cui al comma precedente e ciò senza pregiudizio degli altri diritti dell'Amministrazione.

In caso di inottemperanza agli obblighi precisati nel presente articolo, accertata dall'Amministrazione o ad essa segnalata dall'Ispettorato del Lavoro, l'Amministrazione medesima comunicherà all'Appaltatore e, se del caso, anche all'Ispettorato suddetto, l'inadempienza accertata e procederà ad una detrazione del 20% sui pagamenti in acconto, se i lavori sono in corso di esecuzione, ovvero alla sospensione del pagamento del saldo, se i lavori sono stati ultimati, destinando le somme così accantonate a garanzia dell'adempimento degli obblighi di cui sopra.

Il pagamento all'Appaltatore delle somme accantonate non sarà effettuato sino a quando dall'Ispettorato del Lavoro non sia stato accertato che gli obblighi predetti sono stati integralmente adempiuti.

Per le detrazioni e sospensione dei pagamenti di cui sopra, l'Appaltatore non può opporre eccezioni all'Amministrazione, né ha titolo al risarcimento di danni.

### **Art. 72. Noleggi**

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio debbono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine.

Il prezzo comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, all'energia elettrica e a tutto quanto occorre per il funzionamento delle macchine.

Con i prezzi di noleggio delle motopompe, oltre la pompa sono compensati il motore, o la motrice, il gassogeno e la caldaia, la linea per il trasporto dell'energia elettrica ed, ove occorra, anche il trasformatore.

I prezzi di noleggio di meccanismi in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione dell'Amministrazione, e cioè anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo stabilito per meccanismi in funzione soltanto alle ore in cui essi sono in attività di lavoro; quello relativo a meccanismi in riposo in ogni altra condizione di cose, anche per tutto il tempo impiegato per riscaldare la caldaia e per portare a regime i meccanismi.

Nel prezzo del noleggio sono compresi e compensati gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento dei detti meccanismi.

Per il noleggio dei carri e degli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

### **Art.73. Trasporti**

Con i prezzi dei trasporti s'intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente, e ogni altra spesa occorrente. I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

## **Capo 14 – FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE**

### **Art.74. Qualità e provenienza dei materiali per la formazione del corpo stradale – Pianificazione delle lavorazioni**

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:

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanza organica);
- 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;
- gli scavi a sezione ristretta per l'impianto di opere d'arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo);
- 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.

Nell'esecuzione dei lavori, l'appaltatore dovrà seguire le migliori tecniche in modo che le opere risultino a regola d'arte e impiegare maestranze adatte alle esigenze dei singoli lavori.

#### *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. I materiali provenienti dagli scavi 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.

Nei casi in cui i materiali impiegati non siano provenienti dagli scavi, ma da cave di prestito ove subiscano una lavorazione, dovranno essere qualificati nel rispetto della direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. In questo caso la fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

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.

Il sistema adottato per la classificazione dei materiali sciolti (terre) fa riferimento al Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS) descritto dalla norma SN 670 008a .

Nella formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi sarà data priorità d'impiego ai materiali sciolti dei gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP, quindi a quelli dei gruppi GC, SM, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC.

Per le terre appartenenti ai restanti gruppi si deve valutare se adoperarle mediante trattamento con calce, ovvero se portarle a rifiuto.

Nel caso di materiali provenienti da cave di prestito saranno accettati solo quelli appartenenti ai gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP.

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 i 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 2% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

#### *Classificazione dei materiali sciolti*

Il Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS) è descritto dalla norma SN 670 008a e si basa sulla valutazione delle seguenti caratteristiche intrinseche dei materiali:

- granulometria;
- limiti di consistenza;
- contenuto di sostanza organica.

L'analisi granulometrica delle terre sarà effettuata secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-4. Saranno impiegati setacci delle serie ISO 3310-1 e ISO 3310-2. Per la descrizione delle frazioni granulometriche si farà riferimento alla terminologia riportata in Tabella 74.A1.

**Tabella 74.A1**

Descrizione	Classe	Dimensioni		
		da (mm)	a (mm)	
Terre Grosse	Blocchi	200		
	Pietre	60	200	
	Ghiaia (G)	Grossa	20	60
		Media	6	20
		Fine	2	6
	Sabbia (S)	Grossa	0.6	2
Media		0.2	0.6	
Fine		0.06	0.2	
Terre Fini	Limo (M)	Grossa	0.02	0.06
		Media	0.006	0.02
		Fine	0.002	0.006
	Argilla (C)	-	0.002	

La forma della curva granulometrica sarà descritta dai 2 parametri:

- coefficiente di uniformità:  $C_U = D_{60} / D_{10}$

- coefficiente di curvatura:  $C_C = (D_{30})^2 / (D_{60} \cdot D_{10})$

dove D60, D30, D10 sono i diametri corrispondenti ai passanti di 60%, 30% e 10%.

I limiti di consistenza (o di Atterberg) saranno determinati secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-12.

Per la descrizione delle frazioni granulometriche fini si farà riferimento alla terminologia riportata nella Carta di Plasticità (Figura 74.A1)

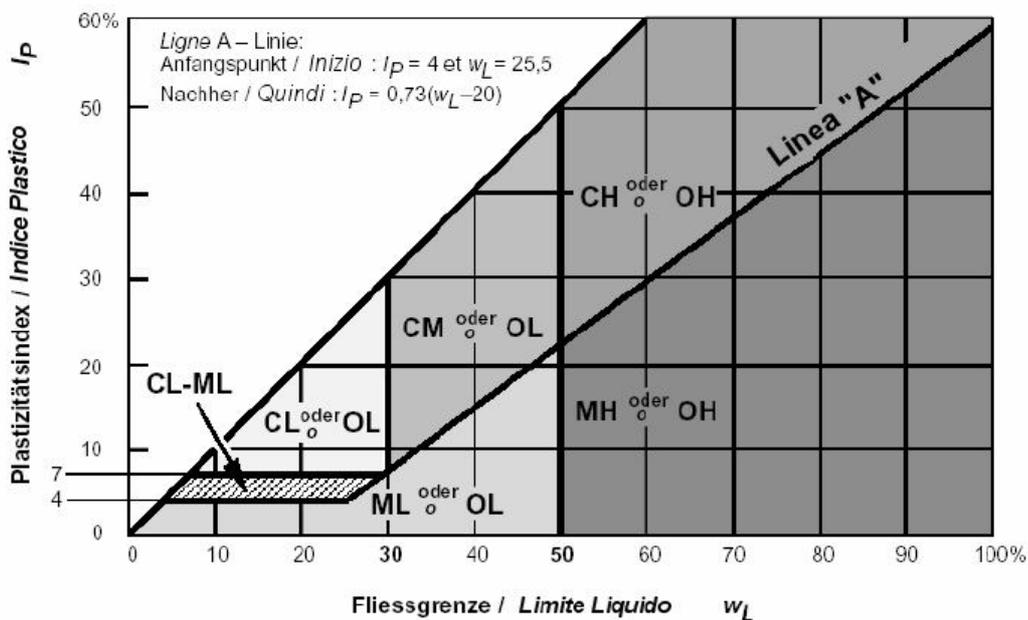


FIGURA 74.A1

Le terre organiche sono riconoscibili in base al loro colore ed al loro odore. Ai fini della presente classificazione una terra è definita come organica se il rapporto tra il limite liquido del materiale dopo essiccazione in stufa a 105°C e il limite liquido del materiale naturale è inferiore a 0,75.

**Terre grosse ( $P_{0,063} < 40\%$ )**

Sono considerate terre a grana grossa i materiali con una frazione limoso-argillosa ( $P_{0,063}$ ) inferiore al 40%. Esse sono suddivise in ghiaie e sabbie secondo la frazione granulometrica prevalente.

Inoltre:

- se  $P_{0,063}$  è inferiore al 5% la classifica si effettua solo in base alla forma della curva granulometrica;
- se  $P_{0,063}$  è superiore al 12% la classifica si effettua solo in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità).
- se  $P_{0,063}$  è compreso tra il 5% ed il 12% la classifica si effettua sia in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità) che alla forma della curva granulometrica.

I criteri di classificazione delle terre grosse sono riassunti nella Tabella 74.A2 .

**Terre a grana fine ( $P_{0,063} \geq 40\%$ )**

Le terre a grana fine hanno una frazione limoso-argillosa ( $P_{0,063}$ ) superiore al 50% e sono classificate in funzione della loro posizione sulla carta di plasticità.

**TABELLA 74.A2**

	$P_{0,063}$	Granulometria $C_U - C_C$	Plasticità	Gruppo	
<b>Terre Ghiaiose (G):</b>  % di ghiaia ( $\Phi > 2\text{mm}$ ) superiore alla % di sabbia ( $0,06 < \Phi < 2\text{mm}$ )	< 5%	$C_U > 4$ e $1 \leq C_C \leq 3$		GW	
		$C_U \leq 4$ o $C_C < 1$ o $C_C > 3$		GP	
	>12%			ML, MH	GM
				CL-ML	GM-GC
				CL, CM, CH	GC
	5% - 12%	$C_U > 4$ e $1 \leq C_C \leq 3$		ML, MH	GW-GM
				CL-ML, CL, CM, CH	GW-GC
		$C_U \leq 4$ o $C_C < 1$ o $C_C > 3$		ML, MH	GP-GM
			CL-ML, CL, CM, CH	GP-GC	
<b>Terre Sabbiose (S):</b>  % di sabbia ( $0,06 < \Phi < 2\text{mm}$ ) superiore alla % di ghiaia ( $\Phi > 2\text{mm}$ )	< 5%	$C_U > 6$ e $1 \leq C_C \leq 4$		SW	
		$C_U \leq 6$ o $C_C < 1$ o $C_C > 4$		SP	
	>12%			ML, MH	SM
				CL-ML	SM-SC
				CL, CM, CH	SC
	5% - 12%	$C_U > 6$ e $1 \leq C_C \leq 3$		ML, MH	SW-SM
				CL-ML, CL, CM, CH	SW-SC
		$C_U \leq 6$ o $C_C < 1$ o $C_C > 3$		ML, MH	SP-SM
			CL-ML, CL, CM, CH	SP-SC	
<b>Terre Fini Limi (M) e Argille (C)</b>  <b>Organiche (O)</b>	no	< 30	> 7 $4 \leq I_p \leq 7$ < 4	CL CL-ML ML	
	si			OL	
	no	$30 \leq W_L \leq 50$	Sopra la Linea "A"	CM	
			Sotto la Linea "A"	ML	
	si			OL	
	no	> 50	Sopra la Linea "A"	CH	
			Sotto la Linea "A"	MH	
			si	OH	

*Altri materiali*

Il progetto può prevedere l'adozione di tecnologie, materiali e prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre. In tali casi l'Impresa deve attenersi, per le qualificazioni dei materiali e i controlli, alle specifiche 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 particolare utilizzazione prevista; gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

## PIANIFICAZIONE DELLE LAVORAZIONI

### 1) 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:

- 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);
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- 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 (UNI CEN ISO/TS 17892-4) e limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1) e indice di consistenza (UNI CEN ISO/TS 14688-2);
- determinazione della curva di costipamento Proctor, Standard e/o Modificato, con individuazione della densità massima del secco  $\gamma_{s,max}$ , e dell'umidità ottimale di costipamento  $W_{opt}$ , (UNI EN 13286-2); per le terre con trattenuto al crivello da 25 mm superiore al 15% si dovrà obbligatoriamente utilizzare la metodologia DIN 18127 (fustella grande);
- analisi granulometriche comparative (UNI CEN ISO/TS 17892-4), 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 CBR, 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, 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 (UNI EN 1926)
- la massa volumica apparente (UNI EN 1936);
- la perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2).

Laddove, a causa della granulometria del materiale, non fosse possibile effettuare prove di costipamento e prove CBR di laboratorio, l'attitudine all'impiego può essere determinata successivamente, attraverso la misura del modulo di deformazione  $E_{v1}$  e il rapporto  $E_{v2}/E_{v1}$  (DIN 18134), nel corso delle prove preliminari in vera grandezza (campo prove) di cui nel seguito.

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

- contenuto in sali solubili totali (UNI EN 1744-1);
- contenuto in solfuri, solfati e cloruri (UNI EN 1744-1);
- misure di pH e resistività elettrica (BS 1377 - 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.

### 2) *campo prove per l'impiego di materiali sciolti*

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materia siano del tutto trascurabili (inferiori a 30.000 m<sup>3</sup>), 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 (LFWD, FWD, autocarro con asse di 10 t), le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i risultati di queste ed i valori di massa volumica del secco ( $\gamma_s$ ) e/o modulo di deformazione  $E_{v1}$  e del rapporto  $E_{v2}/E_{v1}$  (DIN 18127).

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 quest'ultimo 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, o integrata, in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

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.

### 3) *cave di prestito*

Quando i materiali idonei scavati fossero insufficienti per la formazione dei rilevati, i volumi di terra integrativi sono prelevati da cave di prestito che l'impresa riterrà di sua convenienza, purché autorizzate dal programma provinciale per le attività estrattive e il materiale sia ritenuto idoneo dalla direzione lavori a seguito di indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego (qualificazione norma UNI EN 13242).

### 4) *discariche e depositi*

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono essere portate a rifiuto in discariche autorizzate, ovvero nel rispetto delle leggi e dei regolamenti locali, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, all'autorizzazione del Direttore dei Lavori e a quella 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.

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.

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.

##### *5) 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.

## **Art.75. Scavi e demolizioni**

### *1) 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.

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 in trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni 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.

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate,

devono 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.

Inoltre qualora in progetto sia segnalata la presenza di sottoservizi che non interferiscono con i lavori, ma richiedono solo particolare cura e attenzione nelle fasi lavorative, gli scavi all'occorrenza dovranno eseguirsi con tutte le cautele necessarie e con mezzi idonei ed eventualmente anche a mano, considerando l'eventuale maggior onere adeguatamente compensato dalla voce di elenco prezzi relativa allo scavo di sbancamento o allo scavo a sezione obbligata a seconda del tipo di lavorazione che si sta eseguendo.

#### 2) *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.

#### 3) *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.).

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.

#### 4) *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 di 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 verso l'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 dovrà 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.

#### *5) 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 sarà 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 al rinvenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

E' vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature prima che la Direzione dei lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

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 aumentare la superficie d'appoggio la Direzione dei lavori potrà ordinare per il tratto terminale di fondazione per un'altezza sino ad un metro, che lo scavo sia allargato mediante scampanatura, restando fermo quanto sopra è detto circa l'obbligo dell'Impresa, ove occorra, di armare convenientemente durante i lavori la parete verticale sovrastante. Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza di

acqua e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di 20 cm previsto nel titolo seguente, l'Impresa dovrà provvedere, se richiesto dalla Direzione dei lavori, all'esaurimento dell'acqua stessa coi mezzi che saranno ritenuti più opportuni.

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 nonché al D.M. 14/01/2008.

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, ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, ricorrendo eventualmente all'apertura di canali fugatori.

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.

Gli scavi di fondazione che si devono eseguire a profondità maggiore di 20 cm (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque eventualmente esistenti nel terreno, sono considerati come scavi subacquei per tutto il volume ricadente al disotto del piano di livello situato alle cennate profondità d'acqua di 20 cm. Quindi il volume ricadente nella zona dei 20 centimetri suddetti verrà considerato, e perciò pagato, come gli scavi di fondazione in presenza di acqua, precedentemente indicati, ma non come scavo subacqueo. Gli scavi subacquei saranno invece pagati col relativo prezzo di elenco, nel quale sono compresi tutti gli occorrenti aggotamenti od esaurimenti di acqua con qualsiasi mezzo siano eseguiti o si ritenga opportuno eseguirli. In mancanza del prezzo suddetto e qualora si stabilissero acque nei cavi in misura superiore a quella di cui sopra, l'Impresa dovrà ugualmente provvedere ai necessari esaurimenti col mezzo che si ravviserà più opportuno: e tali esaurimenti le saranno compensati a parte ed in aggiunta ai prezzi di elenco per gli scavi in asciutto od in presenza di acqua. L'Impresa sarà però tenuta ad evitare l'affluenza entro i cavi di fondazione di acque provenienti dall'esterno. Nel caso che ciò si verificasse resterà a suo totale carico la spesa per i necessari aggotamenti. In questo articolo possono trovare sede le norme e prescrizioni relative a tutti i tipi e metodi di fondazioni particolari che possono richiedersi per l'esecuzione di opere d'arte, ponti, ecc., ossia fondazioni con uso di paratie, casseri in legno e metallo, cassoni autofondanti in legno, cemento armato, metallo; fondazioni ad aria compressa, su palificate in legname, cemento armato, ecc.

#### *6) 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 e manufatti, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

I materiali provenienti dalle demolizioni sono portati a rifiuto solo se ritenuti non idonei all'impiego da parte della Direzione Lavori. In caso di idoneità sono conferiti a rifiuto presso gli impianti di trattamento a cura e spese dell'impresa.

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.

#### *7) 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 disgaggi, 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.

#### *8) 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.

### **Art.76. 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;
- massicci in terra rinforzata;
- rilevati con materiale riciclato.

#### *Piano d'appoggio dei rilevati*

##### 1 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 avrà cura, 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 sarà sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terra 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, dovrà 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.

## 2 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 per ciò chiedere compensi aggiuntivi.

## 3 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)  $E_{v2}$ , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma DIN 18134, deve risultare non inferiore a:

≥45 MN/m<sup>2</sup> (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;

≥60 MN/m<sup>2</sup>, 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;

≥80 MN/m<sup>2</sup>, 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 m<sup>3</sup>. Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione viene effettuata in condizioni sature.

## 4 Bonifica

Quando la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere 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.

### *Strati anticapillari*

### 1 Strati in terre naturali

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

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 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

### 2 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 76.C1:

<b>Tabella C.1</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso	UNI EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	300
Spessore (strato singolo) a 2 kPa	UNI EN ISO 9863-1	mm	1,7
Resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13.5
Resistenza a trazione trasversale (a strisce con larghezza di 200 mm)	UNI EN ISO 10319	kN/m	>13.5
Resistenza all'invecchiamento (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 12224	%	<50
Resistenza chimica (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 13438	%	<20
Allungamento, in %	UNI EN ISO 10319	%	>80
Lacerazione (con prova a caduta conica-diametro massimo)	UNI EN 918	mm	<26
Punzonamento, in N	UNI EN ISO 12236	N	>3000
Permeabilità verticale rispetto il piano (senza carico)	UNI EN 12958	l/s/mq	>175
Permeabilità al piano (20 kPa di carico)	UNI EN 12958	l/m h	>31
Apertura efficace dei pori $O_{v90}$	UNI EN ISO 12956	mm	0,10
Resistenza a agenti microbiologici	UNI EN 12225		

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma EN 963.

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso Laboratori accettati dall'Amministrazione Provinciale 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.

### *Rilevati in terra naturale*

#### 1 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 alle segregazione che si verifica durante lo scarico dai 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 relativo paragrafo e non deve comunque eccedere i 30 cm.

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 300 mm (100 mm nell'ultimo metro); questi debbono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

#### 2 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.

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.

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 fine 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. Le quantità rimosse nella riprofilatura delle scarpate non saranno contabilizzate.

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 "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.

### 3 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.

### *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.

È vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose ed in generale di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano, generando spinte.

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.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a tutto carico dell'Impresa.

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 sito del legante con i materiali predisposti, privati 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  $2,00\text{ m} + 3/2 h$  e l'altezza  $h$  coincidente con quella del rilevato.

Il cemento, del tipo normale, va aggiunto in ragione di 50-100 kg/m<sup>3</sup> 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 98% della massa volumica massima del secco, ottenuta con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) per strati di spessore non superiore a 30 cm.

### *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.

#### 1 Requisiti dei terreni del massiccio

Per il terreno del rilevato in terra rinforzata devono essere impiegate terre appartenenti ai gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP della classifica riportata in appendice A. In ogni caso il terreno di riempimento deve presentare un passante al setaccio da 0,063 mm inferiore al 15%.

I terreni con  $P_{0,063}$  superiore al 15%, sono ugualmente utilizzabili se:

la percentuale del campione, di dimensioni minori di 0,015 mm (determinata con il metodo per sedimentazione, UNI CEN ISO/TC 17892-4) 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 consolidate drenate su campioni saturi (UNI CEN ISO/TC 17892-10), risulta superiore a 25°.

Il terreno di riempimento non deve contenere nessun elemento maggiore di  $D = 150$  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 :

— dimensione massima  $D_{\max} < 25$  mm (UNI EN 933-1);

— massa volumica satura a superficie asciutta (UNI EN 1097-6) compreso tra 0,7 e 0,8 kg/m<sup>3</sup>.

Il valore di resistività del materiale (BS 1377-3), 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 seguenti valori:

	Opere a secco	Opere in acqua dolce
Ione Cl	200 mg/kg	100 mg/kg
Ione SO <sub>4</sub>	1000 mg/kg	500 mg/kg

## 2 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<sup>2</sup> 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.

## 3 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 stocarli, 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 98% della densità massima individuata mediante la prova UNI EN 13286-2, mentre il modulo di deformazione determinato in accordo alla norma DIN 18134 deve risultare  $E_{v2} > 120 \text{ MN/m}^2$  e  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$ .

Se la granulometria del materiale non consente l'esecuzione di prove di costipamento di laboratorio, secondo la norma UNI EN 13286-2 il controllo del costipamento va effettuato attraverso prove di modulo di deformazione a doppio ciclo di carico, secondo la norma DIN 18134.

## Controlli

### *1 - 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 76.E1.

Tabella E.1		0Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali			
Destinazione		Rilevato		Sottofondo	
Tipo di prova		Primi 10000 m <sup>3</sup>	Ulteriori m <sup>3</sup>	Primi 5000 m <sup>3</sup>	Ulteriori m <sup>3</sup>
Classificazione SN 670 008a		una prova ogni 2.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 5.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 500 m <sup>3</sup>	una prova ogni 2.000 m <sup>3</sup>
Umidità naturale UNI CEN ISO/TS 17892-2		una prova ogni 500 m <sup>3</sup>	una prova ogni 1.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 200 m <sup>3</sup>	una prova ogni 500 m <sup>3</sup>
Costipamento UNI EN 13286-2		una prova ogni 5.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 10.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 1.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 5.000 m <sup>3</sup>

## 2 - 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  $E_{v2}$  secondo la Norma DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD.

Le prove di densità in sito (massa volumica apparente  $\gamma_s$ ) saranno eseguite secondo la Norma DIN 18125 e riferite al  $\gamma_{s,max}$  di laboratorio determinato secondo la Norma UNI EN 13286-2. Vanno inoltre eseguite misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma UNI CEN ISO/TC 17892-1.

Nella Tabella 76.E2 sono riassunti i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione. Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente per ciascuna tipologia di materiale e per livello prestazionale. La sperimentazione può essere effettuata nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali.

Ad esempio per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, sarà individuata una correlazione tra il Modulo dinamico  $E_{vd}$  ed il modulo  $E_{v2}$  ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori  $E_{v2}$  ricavati da tale correlazione.

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 76.E2 si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo  $W_{opt} \pm 2\%$  ( $W_{opt}$  da prove UNI EN 13286-2)

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 E.2		Criteri di qualità e requisiti per gli strati di rilevato e di sottofondo	
STRATO	Grado d'addensamento % $\gamma_{s,max}$ di laboratorio	Modulo di deformazione $E_{v2}$ (MN/m <sup>2</sup> )	
Sottofondo (1)	≥ 98 %	≥ 120	
Rilevato (2)	≥ 98 %	≥ 80	

(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.

Le prove di controllo sono effettuate nei posti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito verbale.

### 3 - Numero di prove di controllo

Salvo documentate prescrizioni del Direttore dei Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella 76.E3.

Tabella E.3	Frequenza dei controlli sugli strati finiti					
	Tipo di prova	RILEVATO		SOTTOFONDO		
		Primi 5.000 m <sup>3</sup>	Ulteriori m <sup>3</sup>	Primi 5.000 m <sup>2</sup>	Ulteriori m <sup>2</sup>	Superficie m <sup>2</sup>
Densità	una prova ogni 500-1.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 3000-5.000 m <sup>3</sup>	una prova ogni 350-500 m <sup>2</sup>	una prova ogni 1000 m <sup>2</sup>	-	
Modulo E <sub>v2</sub> ; E <sub>v2</sub> /E <sub>v1</sub>	una prova ogni 1.000-1500 m <sup>3</sup>	una prova ogni 5000 m <sup>3</sup>	-	-	una prova ogni 1000 -2000 m <sup>2</sup>	
Modulo E <sub>vd</sub> (LFWD)	una prova ogni 100-150 m <sup>3</sup>	una prova ogni 500 m <sup>3</sup>			una prova ogni 200-400 m <sup>2</sup>	

### 4 - 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 76.E2.

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  $\gamma_s$ ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo E<sub>v1</sub>; E<sub>v2</sub> o altra grandezza).

### 5 - Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

l'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- ± 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 m<sup>2</sup>, per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 200 m<sup>2</sup>, per i piani di posa della pavimentazione.

## Art.77. Stabilizzazione delle terre con calce o con calce e cemento

La tecnica consiste nello spandimento della calce sulla superficie di terreno da trattare e nella successiva miscelazione mediante l'ausilio di idonee macchine stabilizzatrici (pulvimixer). Lo scopo è quello di ottenere un miglioramento significativo, in genere a medio e/o a lungo termine, delle proprietà fisico-meccaniche della terra che la rendono stabile alle azioni dell'acqua e del gelo.

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.

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 i mezzi e 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.

### Requisiti delle miscele

La composizione della miscela terra-calce-acqua dovrà essere stabilita in base ai risultati di uno studio, eseguito presso i Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Per gli interventi di stabilizzazione lo studio riguarderà almeno 3 miscele terra-calce con tenori di calce crescenti a partire dal valore minimo del Contenuto Iniziale di Calce (CIC). Fatte salve le ulteriori prescrizioni che la Direzione Lavori porrà nel caso di terreni con medio o elevato contenuto di solfati, lo studio comprenderà almeno le seguenti prove sul terreno da stabilizzare:

- determinazione del Contenuto Iniziale di Calce (CIC), secondo la norma ASTM D6276-99a;
- determinazione del Valore di Blu (VB), secondo la norma UNI EN 933-9;
- determinazione del limite liquido e del limite plastico (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- determinazione della curva di costipamento con energia Proctor modificata (UNI EN 13286-2) con almeno 5 punti di umidità comprendenti il valore dell'umidità naturale della terra in sito;

Sulle miscele terra-calce saranno eseguite le seguenti prove:

- determinazione del limite liquido e del limite plastico (UNI CEN ISO/TS 17892-12);
- determinazione della curva di costipamento con energia proctor modificata (UNI EN 13286-2) con almeno 5 punti di umidità comprendenti il valore dell'umidità naturale della terra in sito;
- determinazione dell'indice C.B.R. (CNR-UNI 10009) su provini costipati con valori di umidità pari a quello ottimale,  $W_{ott}$  ed a  $W_{ott}+3\%$ , maturati per 28 giorni a  $20^{\circ} \pm 2^{\circ} C$  e U.R.>95% e quindi saturati con 4 giorni di immersione in acqua a  $20^{\circ} \pm 2^{\circ} C$ . Al termine della saturazione sarà inoltre determinato il valore di rigonfiamento. Se richiesto dalla D.L. lo studio dovrà prevedere l'impiego di due provini per ciascun valore di umidità della miscela.
- se richiesto dalla Direzione Lavori sarà inoltre effettuata la determinazione dell'indice C.B.R. (CNR-UNI 10009) "immediato" su provini costipati con valori di umidità pari a quello ottimale,  $W_{ott}$  ed a  $W_{ott}+3\%$  ;
- se richiesto dalla Direzione Lavori per la verifica della resistenza al gelo-disgelo dovrà essere effettuata la determinazione della resistenza a compressione (UNI EN 13286-41) su provini confezionati secondo UNI EN 13286-50 al 98% della densità massima ottenuta dalle prove di costipamento e all'umidità attesa durante la fase di costipamento in sito. La maturazione dei provini sarà effettuata per 28 giorni a  $20^{\circ} \pm 1^{\circ} C$  e U.R.>95%. Dopo la maturazione i provini saranno sottoposti a 13 cicli gelo-disgelo (16 ore a  $-5^{\circ}C$ , 8 ore a  $8^{\circ}C$ ). Se richiesto dalla Direzione Lavori lo studio dovrà prevedere l'impiego di due provini per ogni prova.

La preparazione delle miscele dovrà avvenire essiccando preliminarmente la terra fino a massa costante, ad una temperatura non superiore a  $60^{\circ}C$ . Si procederà quindi all'aggiunta della calce nelle

percentuali in studio.

Queste ultime saranno sempre riferite al peso secco della terra. Si procederà quindi con l'aggiunta delle percentuali d'acqua richieste dallo studio, una delle quali dovrà coincidere con l'umidità della terra in sito.

L'intervallo di maturazione tra l'aggiunta d'acqua e la compattazione della miscela dovrà essere stabilito, anche in base alle indicazioni della Direzione Lavori, in relazione alla natura del terreno, al programma delle lavorazioni ed ai controlli in sito.

Le curve di costipamento e le curve CBR dovranno essere tracciate con riferimento sia alla quantità di acqua aggiunta alla terra essiccata sia all'umidità misurata sulle miscele terra-calce dopo il periodo di maturazione.

#### Accettazione della miscela

Si riterranno idonee per la formazione di sottofondi le miscele terra-calce che forniranno le seguenti prestazioni:

- a) contenuto iniziale di calce (CIC)  $> 1,5\%$ ;
- b) valore di blu VB  $> 2$  g/kg;
- c) indice C.B.R.  $> 30\%$  (per i provini confezionati con  $W_{ott}$  e con  $W_{ott+3\%}$  e quindi sottoposti a maturazione e saturazione);
- d) rigonfiamento dopo 4gg di immersione  $< 1,5\%$  (per i provini confezionati con  $W_{ott}$  e con  $W_{ott+3\%}$  e quindi sottoposti a maturazione e saturazione);
- e) resistenza a compressione  $R_c \geq 1,2$  MPa.

L'Appaltatore è tenuto 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, potrà procedere all'impiego della miscela.

In ogni caso il quantitativo di calce aggiunta non dovrà mai essere inferiore al 2,0% in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale a totale onere e cura dell'Appaltatore.

#### Posa in opera

La superficie dello strato dovrà essere perfettamente livellata secondo i piani indicati nei disegni di progetto.

Se richiesto si dovrà effettuare una rullatura della superficie finalizzata all'individuazione di zone particolarmente compressibili. Su indicazione della Direzione Lavori tali zone saranno bonificate prima dell'inizio del trattamento.

L'operazione di miscelazione dovrà essere preceduta da quella di frantumazione della terra in sito fino alla profondità prevista per la stabilizzazione, ottenuta mediante passate successive di idonea attrezzatura polverizzatrice (pulvimixer) fino ad ottenere grumi di terra della dimensione massima di 40 mm.

La macchina polverizzatrice dovrà trattare il materiale in modo uniforme fino alla profondità richiesta, per tutta la larghezza della lavorazione. Essa dovrà inoltre fornire una chiara indicazione visiva della profondità di lavorazione.

Terminata l'operazione si dovrà determinare l'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

Saranno considerati soddisfacenti valori di umidità compresi tra quello ottimo della miscela,  $W_{ott}$  e  $W_{ott+3\%}$ .

In presenza di valori di umidità troppo elevati si procederà, in accordo con la Direzione Lavori ad una nuova lavorazione del materiale. L'aggiunta di calce non potrà essere effettuata se l'umidità della terra non rientrerà nel range prescritto. Nei casi in cui i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo di costipamento è preferibile l'impiego di calce viva macinata per il suo effetto essiccante.

La stesa della calce sarà eseguita mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela. L'operazione di spandimento sarà sospesa quando la presenza di vento non permettesse di garantire la sicurezza del personale operante, che dovrà comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela. Il materiale dovrà quindi essere umidificato, con le

modalità indicate dalla Direzione Lavori, fino a raggiungere il contenuto d'acqua richiesto.

Lo spandimento della calce dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere utilizzata nella stessa giornata lavorativa.

Entro 6 ore dalla stesa della calce si procederà alla miscelazione che dovrà essere realizzata con 2 o più passate miscelatore (pulvimixer). Il miscelatore dovrà essere del tipo a rotore, semovente e permettere di lavorare strati di almeno 50 cm di profondità.

Il controllo della profondità e dell'uniformità del trattamento sarà eseguito durante le operazioni di miscelazione attraverso la verifica visiva dell'apparecchiatura di miscelazione. Inoltre il controllo potrà essere eseguito attraverso trincee di ispezione, impiegando il metodo della fenoftaleina .

La miscelazione dovrà garantire che le zolle siano state ridotte a dimensioni tali per cui la terra passi interamente al setaccio da 31,5 mm e per almeno il 50% al setaccio da 4mm.

Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione alle composizione ed alla reattività della terra da trattare, sarà necessario effettuare una seconda fase di miscelazione (miscelazione finale) dopo un periodo di tempo variabile da 1 a 7 giorni dalla prima miscelazione. Tale periodo di maturazione sarà stabilito dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati degli studi di prequalifica del materiale.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm. Inoltre nella stessa giornata lavorativa i tratti lavorati devono essere completati per tutta la larghezza prevista in progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei. Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

Si passerà quindi alla rullatura da eseguire, a seconda delle caratteristiche geotecniche della miscela terra calce, con rulli a piedi costipanti, segmentati, vibranti, gommati.

La finitura superficiale dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale. La superficie finita dello strato in terra stabilizzata dovrà avere la sagoma e le quote riportate nei disegni di progetto.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, qualora lo strato trattato non venga ricoperto entro 24 ore con un ulteriore strato (fondazione stradale) sarà stesa a protezione dello strato ultimato un velo di emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL 55 (BU CNR n.3) in ragione di 1,5 Kg/m<sup>2</sup> o in alternativa un velo di bitume liquido BL 350-700 (BU CNR n.7) in ragione di 1 Kg/m<sup>2</sup>.

### Controlli

Il controllo della qualità della stabilizzazione a calce 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 indicati nella Tabella 77.D1 .

Le prove saranno eseguite da un Laboratorio Ufficiale indicato dal Committente.

A compattazione ultimata la densità del secco in sito ( $\gamma_s$ ), 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 Modificata (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo le norme DIN 18125-2 ovvero CNR 22/72.

Per valori di densità inferiori a quello previsto verrà 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 sito ( $\gamma_s$ ) rispetto a quella di laboratorio ( $\gamma_{s \text{ ottimo}}$ ) valutato con:

$$s = 100 (0,98\gamma_{s \text{ ottimo}} - \gamma_s) / 0,98\gamma_{s \text{ ottimo}}$$

Valori della densità del secco inferiori al 95% del valore di riferimento ( $\gamma_{s,max}$ ) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) comporteranno 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 effettuate 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 risultare non inferiore a 120 MN/m<sup>2</sup> con rapporto  $E_{v2}/E_{v1}$  inferiore a 2,15. Per valori medi di portanza inferiori a quello previsto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [(120 - E_{v2})/5]^2$$

Valori del modulo  $E_{v2}$  inferiori a 100 MN/m<sup>2</sup> e/o del rapporto  $E_{v2}/E_{v1}$  superiori a 2,15 comporteranno la ripetizione del trattamento 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, sarà individuata una correlazione tra il Modulo dinamico  $E_{vd}$  ed il modulo  $E_{v2}$  ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori  $E_{v2}$  ricavati da tale correlazione.

La Direzione Lavori può inoltre richiedere prove dell'indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato. Per eventuali valori inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del trattamento e le detrazioni da applicare.

**Tabella D.1**

<b>Controllo dei materiali e verifica prestazionale</b>			
<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI RICHIESTI</b>
Miscela sfusa già compattata	Fascia di stesa ultimata	ogni 2000 mc di materiale lavorato	indice CBR, rigonfiamento e resistenza a rottura (prove a compressione) non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto
Strato finito	Fascia di stesa ultimata	Ogni 250 ml di fascia di stesa	densità in sito non inferiore al 98 % della densità di laboratorio con metodo AASHTO mod. (DIN 18127 ovvero CNR 69/78)
Strato finito	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 100 MN/m <sup>2</sup> con rapporto $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

#### **Art.78. Rilevati con materiali riciclati**

Si considerano materiali riciclati quelli provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi delle Normative Nazionali.

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.

I materiali riciclati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242.

La designazione del materiale riciclato dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.  
I materiali riciclati saranno classificati, in relazione alla loro composizione, in conformità all'appendice A della norma UNI EN 13285.

## **Capo 15 – SOVRASTRUTTURA STRADALE**

### **Art.79. Fondazione stradale in misto granulare**

#### **STRATI DI BASE**

Per strati di base, o base, si intende la struttura immediatamente sottostante alla pavimentazione e che di questa costituisce il diretto supporto.

Tale base potrà venire realizzata, a seconda delle disposizioni della Direzione dei Lavori:

- in pietrisco;
- in misto granulare.

Gli spessori finiti degli strati di base verranno fissati dalla Direzione dei Lavori all'atto esecutivo, in dipendenza della natura e della portata del sottostante terreno di sottofondo ed eventuale fondazione. Qualunque sia il tipo di base che verrà usato, durante la sua esecuzione l'Impresa dovrà avere attenta e costante cura per il rispetto assoluto delle quote prescritte, sia longitudinali che trasversali, in modo che la struttura in parola, ultimata la superficie superiore della base, risulti perfettamente parallela alla superficie della sede stradale di progetto. In particolare, nel caso in cui la pavimentazione venga realizzata in conglomerato bituminoso (in uno o più strati), resta inderogabilmente stabilito che immediatamente prima di iniziare l'esecuzione della pavimentazione stessa, le quote, sia longitudinali che trasversali, della superficie finita dello strato di base saranno, previo ripristino dell'interno tracciato della strada, particolarmente controllate.

La tolleranza ammessa rispetto alle quote di progetto è di cm. 1 (uno) in più o in meno. In caso di maggiori differenze, l'Impresa dovrà provvedere ad eliminare, senza alcun compenso eccetto il pagamento dei materiali usati "ex novo" e della loro cilindratura e con detrazione invece dei materiali asportati e della loro relativa cilindratura.

L'Impresa dovrà curare con la massima attenzione che il materiale di nuovo apporto si compenetri perfettamente con quello già in opera e che le zone in cui si sono effettuate asportazioni di materiale vengano di nuovo perfettamente costipate.

#### **BASE IN PIETRISCO O MISTO GRANULARE**

##### **A) BASE IN PIETRISCO**

Consiste in una normale massicciata in pietrisco cilindrato il cui spessore sofficie sarà stabilito dalla Direzione Lavori. Detto materiale dovrà essere costituito da elementi omogenei di forma poliedrica a spigoli vivi, ricavati dalla frantumazione di rocce di natura calcarea, corniola, massiccio, rupestre di notevole resistenza e non gelive. Dovrà essere scevro da materie argillose, sabbiose e comunque eterogenee. Ad evitare che il materiale sia costituito da elementi troppo appiattiti o allungati si prescrive che l'indice dei vuoti non debba superare il valore di 1 (uno).

I requisiti di accettazione sono:

- coefficiente Deval minimo 10;
- coefficiente I.S.S. minimo 4;
- porosità non maggiore del 3%;
- potere legante maggiore di 30.

Gli altri requisiti saranno quelli prescritti dalle norme di accettazione del C.N.R. (Fascicolo n° 4). La cilindratura sarà del tipo semichiuso se la pavimentazione verrà effettuata mediante trattamenti bituminosi ancorati e superficiali; in tal caso l'avanzata della preparazione della massicciata non dovrà mai procedere più di 100 ml ciascun compressore. Sarà invece del tipo chiuso se la pavimentazione verrà eseguita in conglomerato bituminoso o con trattamenti ad impregnazione o se la base è destinata a rimanere, anche se temporaneamente scoperta.

**B) BASE IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO**

Tale base è costituita da una miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,4 UNI.- L'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato, scorie od anche altro materiale; potrà essere: materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure miscela di materiali aventi provenienze diverse, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere. Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla Direzione dei Lavori in relazione alla portata del sottofondo, la stesa avverrà in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10.

a) Caratteristiche dei materiale da impiegare.

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

1) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;

2) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci U.N.I. - % Passante

Crivello 71	100
Crivello 40	75-100
Crivello 25	60-87
Crivello 10	35-67
Crivello 5	25-55
Setaccio 2	15-40
Setaccio 0,4	7-22
Setaccio 0,075	2-10

3) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2:3;

4) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;

5) equivalente in sabbia<sup>1</sup> misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM compreso tra 25 e 65. Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma 6);

6) indice di portanza CBR<sup>2</sup>, dopo 4 giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50.- È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1), 2), 4), 5), salvo nel caso citato al comma 5) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

<sup>1</sup> N.4 ASTM. La prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento.

<sup>2</sup> ASTM D 1883/61 - T, oppure C.N.R. - U.N.I. 10009 - Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra.

**b) Studi preliminari.**

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla Direzione Lavori mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare.

Il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata. I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli dalla Direzione Lavori in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo effettuato il costipamento.

**c) Modalità esecutive.**

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, 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.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostruito a cura e spese dell'Impresa. Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento). Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata. Il valore del modulo di compressibilità ME nell'intervallo compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup> non dovrà essere inferiore ad 80 N/mm<sup>2</sup>

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm. controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. Sullo strato di fondazione, costipato in conformità delle prescrizioni avanti indicate, è buona norma procedere subito alla esecuzione delle pavimentazioni, senza far trascorrere, tra le due fasi di lavori un intervallo di tempo troppo lungo, che potrebbe recare pregiudizio ai valori di portanza conseguiti dallo strato di fondazione a costipamento ultimato. Ciò allo scopo di eliminare i fenomeni di allentamento, di esportazione e di disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere o dagli agenti atmosferici; nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione delle pavimentazioni, sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione oppure eseguire analoghi trattamenti protettivi.

**TRATTAMENTI CON LEGANTI BITUMINOSI IN GENERE**

Le prescrizioni valevoli per tutti i trattamenti con legante bituminoso sono le seguenti.

**A) AGGREGATO LITICO**

Dovrà rispondere alle norme di accettazione del C.N.R. È escluso nella maniera più assoluta l'impiego di materiali idrofili. È decisamente vietato il reimpiego di aggregato recuperato da precedenti trattamenti.

**B) QUANTITATIVI DI MATERIALI DA USARE**

I quantitativi di legante bituminoso da spandere per unità di superficie verranno fissati all'atto esecutivo dalla Direzione Lavori in pendenza sia delle condizioni ambientali che del grado di "chiusura" della superficie da trattare. Le pezzature dell'aggregato verranno pure fissate all'atto esecutivo dalla Direzione dei Lavori in relazione ai quantitativi unitari di legante bituminoso; la quantità dell'aggregato dovrà, comunque, saturare completamente il legante bituminoso; la quantità dell'aggregato dovrà, comunque, saturare completamente il legante spanto. La rimozione delle graniglie non incorporate sarà effettuata a spese e cura dell'Impresa ogni qualvolta il piano viabile si presenti per tale causa anche moderatamente sdruciolevole.

Data l'importanza dell'operazione per il pericolo che tale situazione comporterebbe, L'impresa dovrà sorvegliare il tratto bitumato ed intervenire tempestivamente per eliminare possibili pericoli. Qualora la Direzione Lavori riscontrasse ritardi nella rimozione delle graniglie potrà, senz'altra formalità, provvedere con proprio personale all'esecuzione dei lavori più urgenti a tutela della pubblica incolumità. In tal caso tutte le spese relative verranno accollate all'Impresa appaltatrice e saranno senz'altro detratte dai documenti contabili.

Tale particolare intervento è giustificato dalla assoluta urgenza di evitare gravi pericoli al pubblico transito. Poiché tali operazioni devono, se necessario, essere ripetute più volte, l'eventuale intervento della Direzione Lavori non toglie all'Impresa appaltatrice la responsabilità civile e penale per eventuali danni a cose e persone avvenuti a causa della graniglia rimasta sul piano viabile.

Prescrizioni specifiche per trattamento ad impregnazione per mano d'attacco

**a) Materiali inerti**

I pietrischetti e le graniglie da utilizzarsi proverranno unicamente da frantumazione di rocce basaltiche o porfiriche e dovranno risultare di forma poliedrica, ben puliti ed esenti da ogni traccia di polvere (CNR-BU n.139/92) e dovranno presentare i seguenti requisiti:

Coefficiente di levigabilità accelerata	> 0,45	CNR-BU n. 95/84
Coefficiente di frantumazione	< 100	CNR Fasc. IV/93
Perdite per decantazione	< 1	CNR Fasc. IV/93
Coefficiente di forma	< 3	CNR-BU n. 85/84
Perdita in peso Los Angeles, %	< 20	CNR-BU n. 34/73

Vengono riportati i fusi granulometrici e le quantità delle varie pezzature da impiegare:

Setacci ASTM	pietrischetti		graniglie	
	12/18mm	8/12mm	4/8mm	3/6mm
3 /4"	100	100		
1 /2"	40-80	97-100		
3 /8"	2-15	78-94	100	
1 /4"	0-4	12-34	88-100	100
n° 4		0-8	26-55	92-100
n° 10			0-5	2-15
dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	10/11	7/9	5/6	
dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>			6/7	4/6

#### b) Legante

Il legante sarà costituito da emulsioni di bitume.

Le caratteristiche dell'emulsione vengono di seguito descritte:

Contenuto d'acqua	max 32%	CNR 101/84
Contenuto di legante	min 68%	100-a
Contenuto di bitume	min 65%	CNR 100/84
Contenuto di flussante	0-3%	CNR 100/84
Demulsività	40-100%	ASTM D 244
Omogeneità	max 0,2	ASTM D 244
Viscosità Engler a 20°C	15-25°E	CNR 102/84
pH (grado di acidità)	2-4	ASTM E 70
Sedimentazione a 5 gg	max 10%	CNR 102/84

Il bitume estratto come residuo della distillazione della emulsione dovrà presentare i requisiti:

Penetrazione a 25°C,dmm	80-220	CNR 24/71
Punto di rammollimento, P&A, °C	35-46	CNR 35/73
Punto di rottura FRAAS, °C	<-12	CNR 43/74

#### Art.80. Misto cementato

Il misto cementato sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei (misto granulare) trattata con un legante idraulico (cemento). La miscela dovrà assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole anche in presenza di acqua o gelo.

## A – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

### 1 Aggregati

#### 1.1 Generalità e provenienza

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242.

I requisiti da dichiarare sono specificati nel seguito.

La designazione di ciascuna pezzatura dovrà contenere:

- dimensioni dell'aggregato;
- tipo di aggregato (composizione petrografica prevalente);
- località di provenienza, eventuale deposito e produttore.

L'aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabella 80.A1.

Nei casi in cui l'aggregato possa venire a contatto con il gelo deve essere privo di fillosilicati e in particolare di caoliniti, cloriti, vermiculite, miche ed idrossidi di ferro, formatisi durante la disgregazione.

È possibile l'utilizzo dei materiali riciclati provenienti dalle demolizioni edilizie. In questo caso la descrizione delle miscele contenenti aggregati riciclati dovrà essere effettuata in conformità all'appendice A della norma UNI EN 13285.

Gli impianti di riciclaggio dovranno comunque rifornirsi di materiale da riciclare esclusivamente dal luogo di produzione o demolizione, ed è fatto divieto di rifornirsi da discariche di qualsiasi tipo.

I materiali riciclati dalle demolizioni edilizie dovranno essere conformi alle normative vigenti in materia.

#### 1.2 Dimensioni e granulometria

La descrizione delle pezzature degli aggregati deve essere effettuata tramite la designazione d/D secondo quanto specificato dalla norma UNI EN 13242. È richiesto l'impiego degli stacci del gruppo base+2.

La granulometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma UNI EN 13242 per aggregati grossi, aggregati fini ed aggregati in frazione unica.

#### 1.3. Requisiti geometrici, fisici, chimici e di durabilità

Le proprietà degli aggregati utilizzati per il confezionamento della miscela dovranno essere conformi ai requisiti specificati in Tabella 80.A1. Il possesso di tali requisiti sarà attestato mediante i valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso.

Il sistema di attestazione della conformità richiesto è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione tutti i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di Tabella 80.A1 non dichiarati nell'attestato di conformità CE, la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001. La qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13242.

<b>Tabella A1</b>		<b>AGGREGATI</b>	
<b>Parametro</b>	<b>Metodo di prova</b>	<b>Valori richiesti</b>	<b>Categoria UNI EN 13242</b>
Dimensione massima (D)	UNI EN 933-1	≤45mm	
Coefficiente di appiattimento (FI)	UNI EN 933-3	≤35%	FI <sub>35</sub>
Coefficiente di forma (SI)	UNI EN 933-4	≤35%	SI <sub>35</sub>
Quantità di frantumato (C)	UNI EN 933-5	≥70%	C <sub>70NR</sub>
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	≥60%	
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2 §5	≤30%	LA <sub>30</sub>
Resistenza all'urto (SZ)	UNI EN 1097-2 §6	≤32%	SZ <sub>32</sub>
Sensibilità al gelo (F)	UNI EN 1367-2	≤1%	F <sub>1</sub>
Limite liquido (w <sub>L</sub> )	UNI CEN ISO/TS 17892-12	≤25%	
Indice Plastico (w <sub>p</sub> )	UNI CEN ISO/TS 17892-12	NP	
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1 §15.1	assente	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3	assenti	
Coefficiente di dilazione con il gelo	SN 670 321	≤0,1%	

## 2) Cemento

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. Si potranno impiegare i seguenti tipi di cemento:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

Il contenuto di cemento della miscela sarà stabilito in base ad uno studio effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29.

## 3) Acqua

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 richiederà la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

Il contenuto d'acqua della miscela sarà stabilito in base ad uno studio effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29.

## 4) Additivi

È ammesso l'utilizzo di additivi conformi alla norma UNI EN 934-2. Il loro dosaggio sarà stabilito con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele.

## 5) 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.

## Caratteristiche delle Miscele

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 80.A2.

**Tabella A.2**

UNI EN 903/1	mm	Fuso Passanti (%)
Setaccio	40	100
Setaccio	31,5	90 – 100
Setaccio	16	56 – 85
Setaccio	8	35 – 67
Setaccio	4	23 – 53
Setaccio	2	14 – 40
Setaccio	1	10 – 28
Setaccio	0,5	6 – 18
Setaccio	0,25	4 – 12
Setaccio	0,125	2 – 6
Setaccio	0,063	2 – 5

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti, ed il contenuto d'acqua della miscela, saranno espressi come percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati. Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio effettuato con le modalità e le prove previste dal B.U. CNR N. 29. In alternativa la resistenza del materiale potrà essere valutata con i metodi descritti dalla norma UNI EN 14277-1. Le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella Tabella 80.A3.

**Tabella A.3**

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 7gg	CNR 29	$2.5 \leq R_c \leq 4.5 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione indiretta a 7gg (Prova Brasiliana) <sup>1</sup>	CNR 97	$R_t \geq 0.25 \text{ N/mm}^2$

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a  $7.5 \text{ N/mm}^2$ .

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.

#### Accettazione delle miscele

L'Appaltatore è tenuto a trasmettere alla Direzione Lavori, con almeno 15 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, una documentazione riguardante il progetto le miscele che intende impiegare comprendente almeno:

- l'attestato di conformità CE delle pezzature di aggregato impiegate;
- i certificati di prova attestanti il possesso degli ulteriori requisiti di Tabella 80.A.1;
- la granulometria delle miscele di aggregati studiate;
- la composizione delle miscele studiate (acqua, cemento, aggregato, additivi, aggiunte);
- i risultati delle prove meccaniche;

La Direzione Lavori potrà inoltre richiedere che anche le proprietà dichiarate negli attestati di conformità CE dei materiali siano comprovate dai risultati di prove effettuate da non più di un anno presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Una volta accettata, da parte della Direzione Lavori la composizione delle miscele, l'Appaltatore dovrà rigorosamente attenersi ad essa.

L'Appaltatore dovrà inoltre indicare 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.

La documentazione presentata per l'accettazione delle miscele dovrà essere aggiornata in caso di variazione dei luoghi di provenienza e della natura petrografia dei materiali. Ogni 2 mesi l'Appaltatore dovrà trasmettere alla Direzione Lavori la documentazione relativa al Controllo di Produzione di Fabbrica delle pezzature di aggregato utilizzate. Con la medesima frequenza la Direzione Lavori potrà richiedere la ripetizione dei controlli sui materiali effettuati presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

#### 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.

#### 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.

#### Posa in opera delle miscele

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di questo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. E' 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.

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 saranno realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve 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 norma le 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 simile. 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.

### 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 1,0 kg/m<sup>2</sup> (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.

### CONTROLLI

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 80.G.1.

Le prove saranno eseguite da un Laboratorio Ufficiale indicato dal Committente.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati 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 EN 12350-7.

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli dello spessore, della densità in sito e della portanza.

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, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,1 s^2$$

dove s è lo scostamento in percentuale dal valore di progetto.

Nei casi in cui il valore di s risulti superiore a 20 (carenza di spessore superiore al 20%) si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

A compattazione ultimata la densità in sito (DIN 18125-1 o -2), 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.

Per valori di densità inferiori a quello previsto verrà 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 sito ( $\gamma_s$ ) rispetto a quella di laboratorio ( $\gamma_{s \text{ ottimo}}$ ) valutato con:

$$s = 100 (0,98 \gamma_{s \text{ ottimo}} - \gamma_s) / 0,98 \gamma_{s \text{ ottimo}}$$

Valori della densità inferiori al 95% del valore di riferimento comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

La misura della portanza viene determinata 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 risultare non inferiore a 180

MN/m<sup>2</sup> entro le 24 ore dalla realizzazione e non inferiore a 220 MN/m<sup>2</sup> dopo 3 giorni dalla realizzazione dello strato.

Nei casi in cui il valore di portanza entro le 24 ore risulti superiore al valore minimo ( $E_{v2} \geq 200$  MN/m<sup>2</sup>) lo strato viene accettato senza l'ulteriore controllo a 3 giorni.

Per valori medi del modulo  $E_{v2}$ , determinati con prove di carico su piastra dopo 3 giorni dalla realizzazione inferiori a 200 MN/m<sup>2</sup> verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = [p/2,5]^2$$

dove  $p$  è la differenza tra il valore di  $E_{v2}$  riscontrato (dopo 3 giorni) ed il valore minimo richiesto (220MN/m<sup>2</sup>).

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, sarà individuata una correlazione tra il Modulo dinamico  $E_{vd}$  ed il modulo  $E_{v2}$  ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori  $E_{v2}$  ricavati da tale correlazione.

Valori del modulo  $E_{v2}$  (dopo 3 giorni) inferiori a 180 MN/m<sup>2</sup> e/o del rapporto  $E_{v2}/E_{v1}$  inferiori a 2,15 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le penali precedentemente 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 G.1

<b>Controllo dei materiali e verifica prestazionale</b>			
<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI RICHIESTI</b>
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.1
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.2
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. A
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza) 3 giorni dopo la posa in opera	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa	$E_{v2} \geq 200$ MN/m <sup>2</sup> $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$

## Art.81. Conglomerato bituminoso per strato di base tradizionale a caldo

Il conglomerato bituminoso per strati di base (tradizionale a caldo) è una miscela dosata a peso o a volume, costituita da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido e additivi.

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

### Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 81.A1

<b>AGGREGATO GROSSO</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	≤ 30%	LA <sub>30</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	≥ 70%	C <sub>700</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	40 mm	-
Passante allo 0,063	UNI EN 933-1	≤ 1%	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	≤ 1%	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	≤ 30%	FI <sub>30</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	≤ 1,5%	WA <sub>242</sub>

**Tabella 81.A1**

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D = 4 mm.

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 81.A2.

<b>AGGREGATO FINE</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	≥ 70%	-
Quantità di frantumato		≥ 50%	-
Passante allo 0,063	UNI EN 933-1	≤ 2%	f <sub>2</sub>

**Tabella 81.A2**

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, dovrà essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 81.A3.

<b>FILLER</b>			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	30-45%	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power – Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	≥ 5	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

**Tabella 81.A3**

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 81.A1/A2 e A3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per ciascuno dei requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori potrà richiedere la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa norma UNI EN 13043.

#### Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 nel caso di condizioni climatiche caratterizzate dalle temperature più elevate. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicati nella Tabella 81.A4.

BITUME			tipo 50/70	tipo 70/100
parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	46-54	43-51
Solubilità	UNI EN 12592	%	≥ 99	≥ 99
Viscosità cinematica a 135 °C	UNI EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	≥ 0,15	≥ 0,10
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ -10
<b>Valori dopo RTFOT (163°C)</b>	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 11	≤ 11

**Tabella 81.A4**

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del legante tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

Additivi

Nei conglomerati bituminosi per lo strato di base, per migliorare la durabilità all'acqua, devono essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

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.

Il tipo di additivo ed il relativo dosaggio dovranno essere stabiliti in modo da garantire le caratteristiche in termini di affinità aggregati-bitume e di durabilità richieste per la miscela (tabelle 81.A1, A6 e A7). 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 potranno essere verificati sulla miscela sfusa o sulle carote mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a consegnare alla Direzione dei Lavori un campione dell'attivante d'adesione che intende utilizzare.

Miscele

Il produttore dovrà determinare e dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate.

La miscela degli aggregati da adottarsi per conglomerati bituminosi per strati di base, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 81.A5.

La percentuale di bitume, riferita al peso della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 81.A5.

Serie setacci ISO		BASE
	mm	Tipo AC 0/32
Setaccio	63	100
Setaccio	32	90-100
Setaccio	20	69-82
Setaccio	8	45-56
Setaccio	2	21-31
Setaccio	0,5	10-17
Setaccio	0,25	6-12
Setaccio	0,063	4-7
Contenuto di legante B (%)		3,8-4,8
I valori del contenuto di legante sono riferiti al peso della miscela. Tali valori devono essere, di volta in volta, adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2560/\rho_a$ dove $\rho_a$ è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m <sup>3</sup> , determinata secondo la UNI EN 1097-5		

**Tabella 81.A5**

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (UNI EN 12697-34). In alternativa, quando possibile, si potrà utilizzare il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31).

Le caratteristiche richieste per lo strato di base sono riportate in Tabella 81.A6 ed in Tabella 81.A7.

METODO MARSHALL			
Condizioni di prova	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Costipamento	UNI EN 12697-34	Colpi x faccia	75
<i>Risultati richiesti</i>			
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	kN	8
Rigidità Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	> 2,5
Vuoti residui (*)	UNI EN 12697-8	%	4 - 6
Perdita di Stabilità Marshall per immersione in H <sub>2</sub> O secondo la norma UNI EN 12697-12	UNI EN 12697-34	%	≤ 25
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>			

**Tabella 81.A6**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>			
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>
Angolo di rotazione	UNI EN 12697-31		1,25° ± 0,02
Velocità di rotazione	UNI EN 12697-31	Rotazioni/min	30
Pressione verticale	UNI EN 12697-31	kPa	600
Diametro del provino	UNI EN 12697-31	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>			
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-8	%	10 - 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697-8	%	3 - 5
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697-8	%	> 2
Perdita di resistenza a trazione indiretta per immersione in H <sub>2</sub> O secondo la UNI EN 12697-12	UNI EN 12697-23	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>			
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria			

**Tabella 81.A7**

Sulla miscela definita con la pressa giratoria (provini confezionati al 98% della D<sub>G</sub>) 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.

#### Accettazione delle miscele

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 81.A5, A6 e A7 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE delle miscele. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Su richiesta della direzione lavori dovranno inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 32 controlli effettuati.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 1, del DPR n. 246/93 (Sistema 2+).

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate, per queste ultime di tiene conto della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

#### 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, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo, il riscaldamento del legante alla temperatura richiesta ed assicurare viscosità uniforme fino al momento della miscelazione con gli aggregati lapidei.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di 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 deve avvenire 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 150°C e 170° C e quella del legante tra 150° C e 160° C, in funzione del 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.

#### Preparazione delle superfici di stesa

**Prima della realizzazione di uno strato di base 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 a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808:2005: C 55 B 5) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 81.A8 , applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m<sup>2</sup>.**

<b>Emulsione bituminosa tipo C 55 B 5</b>				
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Requisito</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	%	<i>positiva</i>	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	%	45+/-1 %	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	%	55+/- 1%	4
Contenuto di legante (bitume + flussante)	UNI EN 1431	%	> 53%	4
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	%	0%	
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850		120-180	5
<i>Residuo bituminoso per evaporazione</i>	UNI EN 13074			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 30	5

**Tabella 81.A8**

Per mano d'attacco si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808:2005: C 60 B 4) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 81.A9 .

Il dosaggio varia a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di stesa della base in due strati il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 Kg/m<sup>2</sup>; nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo, nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

<b>Emulsione tipo C 60 B 4</b>				
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Requisito</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	%	positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	%	40+/-1 %	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	%	60 +/- 1 %	5
Contenuto di legante (bitume + flussante)	UNI EN 1431	%	> 59%	5
Contenuto di flussante	UNI EN 1431	%	< 3%	3
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850		70-130	4
<i>Residuo bituminoso per evaporazione</i>				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 40	

**Tabella 81.A9**

È ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

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.

#### Posa in opera delle miscele

La posa in opera dello strato di base viene 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.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti 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 della base deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 8 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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 dello strato finito 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.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori 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.

### Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso per strati di base e della sua 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 81.A10.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da un Laboratorio Ufficiale indicato dal Committente.

<b>Controllo dei materiali e verifica prestazionale</b>				
<b>STRATO</b>	<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI DA CONTROLLARE</b>
Base	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 4
Base	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 1
Base	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 2
Base	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 3
Base	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base	Carote per controllo spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base	Carote per controllo miscela	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, additivante d'adesione, % vuoti

**Tabella 81.A10**

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela di conglomerato sfuso vengono determinati i seguenti parametri:

- percentuale di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- quantità di attivante d'adesione;
- massa volumica di riferimento  $D_M$  (UNI EN 12697-9), percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), stabilità e rigidità Marshall (UNI EN 12697-34) e perdita di Stabilità Marshall per immersione in acqua (UNI EN 12697-12) su provini compattati con il metodo Marshall;
- o, in alternativa, massa volumica di riferimento  $D_G$  (UNI EN 12697-9), percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), perdita di resistenza alla trazione indiretta per immersione in acqua (UNI EN 12697-12) su provini compattati con pressa giratoria.

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui.

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, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20s^2$$

dove  $s$  è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata mediante la seguente relazione:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[ S_{progetto} - S_{misurato} \times \left( \frac{\gamma_{carota}}{0,98 \times \gamma_{miscela}} \right) \right]}{S_{progetto}}$$

In cui  $\gamma_{miscela}$  è quello riportato nello studio della miscela ( $D_M$  della tabella 81.A6 ovvero  $D_G$  della tabella 81.A7); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini Marshall confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti:

$$s > 15$$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a 3,00 cm, in tal senso, nei casi in cui vengano superate ( con la ricarica) le quote di progetto, si dovrà procedere alla fresatura parziale dello strato di base fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 3,00.

Quando possibile, il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore dei sovrastanti strati di binder e tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo.

Per carenze nella quantità di bitume riscontrata verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25b^2$$

dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella 81.A5 (ultima riga).

Per l'assenza di attivante d'adesione verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione pari al 10% del prezzo in elenco per lo strato di base.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello strato di base pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + v^2$$

dove  $\nu$  è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per gli inerti grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella 81.A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente 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.

## Art.82. Conglomerato bituminoso tradizionale a caldo per strati di collegamento - binder

Il conglomerato bituminoso tradizionale a caldo per strati di collegamento (binder) è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido e additivi.

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

### Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della norma UNI EN 13043.

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 82.1 .

<b>AGGREGATO GROSSO</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	≤ 30%	LA <sub>30</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	≥ 80%	C <sub>80/0</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	30 mm	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	≤ 1%	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	≤ 1%	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	≤ 30%	FI <sub>30</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	≤ 1,5%	WA <sub>242</sub>

**Tabella 82.1**

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D = 4 mm.

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 82.2.

<b>AGGREGATO FINE</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	≥ 70%	-
Quantità di frantumato		≥ 50%	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	≤ 10%	f <sub>10</sub>

**Tabella 82.2**

<b>FILLER</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-4	30-45%	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power – Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	≥ 5	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

**Tabella 82.3**

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, dovrà essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 82.3.

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 82.2/3 e 4 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per ciascuno dei requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori potrà richiedere la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa norma UNI EN 13043.

### Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 nel caso di condizioni climatiche caratterizzate dalle temperature più elevate. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicati nella Tabella 82.4.

Bitume			tipo 50/70	tipo 70/100
parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	46-54	43-51
Solubilità	UNI EN 12592	%	≥ 99	≥ 99
Viscosità cinematica a 135 °C	UNI EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	≥ 295	≥ 230
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Tabella 82.4

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del legante tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

### Additivi

Nei conglomerati bituminosi per lo strato di binder, per migliorare la durabilità all'acqua, devono essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

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.

Il tipo di additivo ed il relativo dosaggio dovranno essere stabiliti in modo da garantire le caratteristiche in termini di affinità aggregati-bitume e di durabilità richieste per la miscela (tabelle

82.6 e 82.7). 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 potranno essere verificati sulla miscela sfusa o sulle carote mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a consegnare alla Direzione dei Lavori un campione dell'attivante d'adesione che intende utilizzare.

### Miscele

La miscela degli aggregati da adottarsi per conglomerati bituminosi per strati di collegamento (binder), deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nel progetto a base dell'appalto. Nel caso in cui il progetto non preveda specifiche indicazioni si potrà fare riferimento ai fusi riportati in Tabella 82.5.

La percentuale di bitume, riferita al peso della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 82.5.

Serie setacci ISO		Binder	
	mm	Tipo A – AC 20	Tipo B – AC 16
Setaccio	32	100	100
Setaccio	20	90 – 100	
Setaccio	16		90 – 100
Setaccio	10	56 – 68	73 – 85
Setaccio	4	37 – 48	45 – 56
Setaccio	2	23 – 33	28 – 38
Setaccio	0.5	11 – 17	16 – 24
Setaccio	0.25	6 – 12	11 – 18
Setaccio	0.063	4 – 7	4 – 8
Contenuto di legante B (%)		4.3 – 5.2	4.3 – 5.2
I valori del contenuto di legante sono riferiti al peso della miscela. Gli effettivi valori da adottare dovranno essere corretti moltiplicando per il fattore: $a = 2,650/\rho_d$ , in cui $\rho_d$ è la massa volumica media dell'aggregato, in $Mg/m^3$ , determinata secondo la UNI EN 1097-6			

**Tabella 82.5**

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (UNI EN 12697-34). In alternativa, quando possibile, si potrà utilizzare il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31).

Le caratteristiche richieste per il binder sono riportate in Tabella 82.6 ed in Tabella 82.7.

<b>METODO MARSHALL</b>			
Condizioni di prova	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Costipamento	UNI EN 12697-34	Colpi x faccia	75
<i>Risultati richiesti</i>			
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	kN	≥ 10
Rigidità Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	3 – 4,5
Vuoti residui (*)	UNI EN 12697-8	%	4 – 6
Perdita di Stabilità Marshall per immersione in H <sub>2</sub> O secondo la norma UNI EN 12697-12	UNI EN 12697-34	%	≤ 25
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con $D_M$			

**Tabella 82.6**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>			
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>
Angolo di rotazione	UNI EN 12697-31		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	UNI EN 12697-31	Rotazioni/min	30
Pressione verticale	UNI EN 12697-31	kPa	600
Diametro del provino	UNI EN 12697-31	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>			
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-8	%	10 - 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697-8	%	3 - 5
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697-8	%	> 2
Perdita di resistenza a trazione indiretta per immersione in H <sub>2</sub> O secondo la UNI EN 12697-12	UNI EN 12697-23	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>			
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria			

**Tabella 82.7**Accettazione delle miscele

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 82.5/6 e 7 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE delle miscele. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Su richiesta della direzione lavori dovranno inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 32 controlli effettuati.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 1, del DPR n. 246/93 (Sistema 2+).

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione saranno effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito avendo cura per queste ultime di non considerare la quantità di bitume di ancoraggio derivante dalla applicazione di mani d'attacco o di impregnazioni.

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 consentire, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo, il riscaldamento del legante alla temperatura richiesta ed assicurare viscosità uniforme fino al momento della miscelazione con gli aggregati lapidei.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di 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 deve avvenire 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 150°C e 170° C e quella del legante tra 150° C e 160° C, in funzione del 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.

#### Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione dello strato di binder è necessario preparare la superficie di stesa mediante applicazione di una mano d'attacco allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia. Le caratteristiche del materiale, da applicare con dosaggi opportuni al di sopra di strati in conglomerato bituminoso, sono riportate in Tabella 82.8 relativamente ad una emulsione bituminosa a rottura rapida tipo C 60 B 4 (UNI EN 13808). Nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base) il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>, nel caso di ricarica (stesa di binder su pavimentazione preesistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo, nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

È ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

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.

<b>Emulsione tipo C 60 B 4</b>				
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Requisito</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	%	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	%	58 - 62	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
<i>Residuo bituminoso per evaporazione</i>	UNI EN 13074			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 39	5

**Tabella 82.8**

<b>Emulsione tipo C 55 B 5</b>				
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Requisito</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	%	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	%	53 - 57	4
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
<i>Residuo bituminoso per evaporazione</i>	UNI EN 13074			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 39	5

**Tabella 82.9**

Qualora lo strato di binder venga eseguito al di sopra di uno strato di fondazione costituito da una miscela non legata si dovrà provvedere, in luogo della mano d'attacco, alla realizzazione di una impregnazione mediante l'impiego di emulsione bituminosa cationica a rottura media caratterizzata dai requisiti di accettazione indicati in Tabella 82.9 e dosata in modo tale da assicurare una quantità di bitume residuo pari a 0,55 kg/m<sup>2</sup>.

#### Posa in opera delle miscele

La posa in opera del binder viene 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 parallela alla precedente. Qualora ciò non sia possibile, e la nuova stesa avvenga quindi in modo differito nel tempo, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere rivestito con emulsione bituminosa cationica al fine di assicurare la migliore adesione 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 azzerramento.

La posizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante 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 adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare 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 del binder deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 8 ton. e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. 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 dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del binder deve essere stesa sul piano finito dello strato 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.

### Controlli

I controlli riguardanti la qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera devono essere effettuati mediante:

1. prove di laboratorio sui materiali costituenti;
2. prove di laboratorio sulla miscela;
3. prove di laboratorio sulle carote estratte dalla pavimentazione;
4. prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 82.10.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da un Laboratorio Ufficiale indicato dal Committente.

<b>Controllo dei materiali e verifica prestazionale</b>				
<b>STRATO</b>	<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI DA CONTROLLARE</b>
Binder	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 82.1
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 82.2
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 82.3
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 82.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Binder	Carote per controllo spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Binder	Carote per controllo miscela	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, additivante d'adesione, % vuoti

**Tabella 82.10**

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela di conglomerato sfuso vengono determinati i seguenti parametri:

- percentuale di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- quantità di attivante d'adesione;
- massa volumica di riferimento  $D_M$  (UNI EN 12697-9), percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), stabilità e rigidità Marshall (UNI EN 12697-34) e perdita di Stabilità Marshall per immersione in acqua (UNI EN 12697-12) su provini compattati con il metodo Marshall;
- o, in alternativa, massa volumica di riferimento  $D_G$  (UNI EN 12697-9), percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), perdita di resistenza alla trazione indiretta per immersione in acqua (UNI EN 12697-12) su provini compattati con pressa giratoria.

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui.

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, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20s^2$$

dove  $s$  è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata mediante la seguente relazione:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[ S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left( \frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

In cui  $\gamma_{miscela}$  è quello riportato nello studio della miscela ( $D_M$  della tabella 82.6 ovvero  $D_G$  della tabella 82.7); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini Marshall confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti:

$$s > 15$$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a 3,00 cm. Quando possibile, il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo.

Per carenze nella quantità di bitume riscontrata verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25b^2$$

dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella 5.

Per l'assenza di attivante d'adesione verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione pari al 10% del prezzo in elenco per il binder.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 7% verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = v + 0,5v^2$$

dove  $v$  è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per gli aggregati grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella 82.2), per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente 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.

### Art.83. Conglomerato bituminoso tradizionale a caldo per tappeto di usura

Il conglomerato bituminoso tradizionale a caldo per tappeto di usura è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido e additivi.

Il tappeto di 1a categoria si caratterizza per l'impiego di aggregati grossi di natura non carbonatica aventi elevata resistenza alla frammentazione ( $LA \leq 23$ ) ed alla levigabilità ( $PSV \geq 42$ ).

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

#### Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della norma UNI EN 13043.

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 83.1.

<b>AGGREGATO GROSSO</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	$\leq 23\%$	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	100%	C <sub>1000</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	14 mm	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	$\leq 1\%$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	$\leq 1\%$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	$\leq 20\%$	FI <sub>20</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	$\leq 1,5\%$	WA <sub>24</sub> 2
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	$\geq 42\%$	PSV <sub>42</sub>

**Tabella 83.1**

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima  $D = 4$  mm.

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 83.2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità  $PSV \leq 42$  il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 20%.

<b>AGGREGATO FINE</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	$\geq 70\%$	-
Quantità di frantumato		$\geq 50\%$	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	$\leq 10\%$	f <sub>10</sub>

**Tabella 83.2**

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, dovrà essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 83.3

<b>FILLER</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-4	30-45%	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power – Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	≥ 5°C	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

**Tabella 83.3**

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica con Los Angeles ≤ 20 e levigabilità ≥ 42 , pari almeno al 30% del totale degli inerti (compresi quelli passanti al setaccio ASTM 4 ed il filler.

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 83.2/3 e 4 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per ciascuno dei requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori potrà richiedere la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa norma UNI EN 13043.

Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 nel caso di condizioni climatiche caratterizzate dalle temperature più elevate. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicati nella Tabella 83.4.

Bitume			<i>tipo 50/70</i>	<i>tipo 70/100</i>
<i>parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Valori richiesti</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	46-54	43-51
Solubilità	UNI EN 12592	%	≥ 99	≥ 99
Viscosità cinematica a 135 °C	UNI EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	≥ 295	≥ 230
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

**Tabella 83.4**

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del legante tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

### Additivi

Nei conglomerati bituminosi per lo strato di usura, per migliorare la durabilità all'acqua, devono essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

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.

Il tipo di additivo ed il relativo dosaggio dovranno essere stabiliti in modo da garantire le caratteristiche in termini di affinità aggregati-bitume e di durabilità richieste per la miscela (tab. 83.6 e 83.7).

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 potranno essere verificati sulla miscela sfusa o sulle carote mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a consegnare alla Direzione dei Lavori un campione dell'attivante d'adesione che intende utilizzare.

### Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi per conglomerati bituminosi per strati di usura deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nel progetto a base dell'appalto. Nel caso in cui il progetto non preveda specifiche indicazioni si potrà fare riferimento ai fusi riportati in Tabella 83.5.

La percentuale di bitume, riferita al peso della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 83.5.

Serie setacci ISO		TAPPETO DI USURA		
	mm	Tipo A – AC 12	Tipo B – AC 10	Tipo C – AC 8
Setaccio	20	100	-	-
Setaccio	14	-	100	-
Setaccio	12.5	90 – 100	-	100
Setaccio	10	-	90 – 100	-
Setaccio	8	72 – 84	75 – 87	90 – 100
Setaccio	6.3	-	-	75 – 88
Setaccio	4	44 – 55	44 – 58	53 – 66
Setaccio	2	26 – 36	26 – 36	30 – 43
Setaccio	0.5	14 – 20	14 – 20	17 – 25
Setaccio	0.25	10 – 15	10 – 15	11 – 17
Setaccio	0.063	6 - 10	6 - 10	6 - 10
Contenuto di legante B (%)		4.6 – 5.5	4.8 – 5.7	4.9 – 5.8
I valori del contenuto di legante sono riferiti al peso della miscela. Gli effettivi valori da adottare dovranno essere corretti moltiplicando per il fattore: $a = 2,650/\rho_d$ , in cui $\rho_d$ è la massa volumica media dell'aggregato, in $Mg/m^3$ , determinata secondo la UNI EN 1097-6				

**Tabella 83.5**

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (UNI EN 12697-34). In alternativa, quando possibile, si potrà utilizzare il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31).

Le caratteristiche richieste per il tappeto di usura sono riportate in Tabella 83.6 ed in Tabella 83.7.

<b>METODO MARSHALL</b>			
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>
Costipamento	UNI EN 12697-34	Colpi x faccia	75
<i>Risultati richiesti</i>			
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	KN	> 11
Rigidezza Marshall	UNI EN 12697-34	KN/mm	3 – 4,5
Vuoti residui (*)	UNI EN 12697-8	%	3 – 6
Perdita di Stabilità Marshall per immersione in H <sub>2</sub> O secondo la norma UNI EN 12697-12	UNI EN 12697-34	%	≤ 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	> 0,70

(\*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D<sub>M</sub>

**Tabella 83.6**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>			
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>
Angolo di rotazione	UNI EN 12697-31		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	UNI EN 12697-31	Rotazioni/min	30
Pressione verticale	UNI EN 12697-31	KPa	600
Diametro del provino	UNI EN 12697-31	mm	100
<i>Risultati richiesti</i>			
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697-8	%	10 - 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697-8	%	4 - 6
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697-8	%	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697-23	N/mm <sup>2</sup>	> 0,6
Perdita di resistenza a trazione indiretta per immersione in H <sub>2</sub> O secondo la UNI EN 12697-12	UNI EN 12697-23	%	≤ 25

(\*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D<sub>G</sub>  
(\*\*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

**Tabella 83.7**

### Accettazione delle miscele

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 83.5/6 e 7 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE delle miscele. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Su richiesta della direzione lavori dovranno inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 32 controlli effettuati.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 1, del DPR n. 246/93 (Sistema 2+).

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione saranno effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito avendo cura per queste ultime di non considerare la quantità di bitume di ancoraggio derivante dalla applicazione di mani d'attacco o di impregnazioni.

### 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) purchè 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 consentire, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo, il riscaldamento del legante alla temperatura richiesta ed assicurare viscosità uniforme fino al momento della miscelazione con gli aggregati lapidei.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di 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 deve avvenire 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 150°C e 170° C e quella del legante tra 150° C e 160° C, in funzione del 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.

#### Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione dello strato di usura è necessario preparare la superficie di stesa mediante applicazione di una mano d'attacco allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia. Le caratteristiche del materiale, da applicare con dosaggi opportuni, sono riportate in Tabella 83.8 relativamente ad una emulsione bituminosa a rottura rapida tipo C 60 B 4 (UNI EN 13808). Nel caso di nuove costruzioni (stesa dell'usura sopra il binder) il dosaggio dell'emulsione deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>, nel caso di ricarica (stesa di usura su pavimentazione preesistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo, nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

È ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

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.

<b>Emulsione tipo C 60 B 4</b>				
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Requisito</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	%	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	%	58 - 62	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
<i>Residuo bituminoso per evaporazione</i>	UNI EN 13074			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 39	5

**Tabella 83.8**

#### Posa in opera delle miscele

La posa in opera del tappeto di usura viene 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 parallela alla precedente. Qualora ciò non sia possibile, e la nuova stesa avvenga quindi in modo differito nel tempo, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere rivestito con emulsione bituminosa cationica al fine di assicurare la migliore

adesione 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 posizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante 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 adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare 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 dello strato di usura deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 12 ton. 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 dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa per strati di usura deve essere stesa sul piano finito dello strato 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.

### Controlli

I controlli riguardanti la qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera devono essere effettuati mediante:

5. prove di laboratorio sui materiali costituenti;
6. prove di laboratorio sulla miscela;
7. prove di laboratorio sulle carote estratte dalla pavimentazione;
8. prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 83.9.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da un Laboratorio Ufficiale indicato dal Committente.

<b>Controllo dei materiali e verifica prestazionale</b>					
<b>STRATO</b>	<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI DA CONTROLLARE</b>	
Tappeto Usura	di Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento	Tabella 83.1
Tappeto Usura	di Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento	Tabella 83.2
Tappeto Usura	di Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento	Tabella 83.3
Tappeto Usura	di Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento	Tabella 83.4
Tappeto Usura	di Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10000 m <sup>2</sup> di stesa	Proprietà risultanti dallo studio della miscela	
Tappeto Usura	di Carote per controllo spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto	
Tappeto Usura	di Carote per controllo miscela	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, additivo d'adesione, % vuoti	
Tappeto Usura	di Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	PTV ≥ 60 CAT ≥ 60	

**Tabella 83.9**

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela di conglomerato sfuso vengono determinati i seguenti parametri:

- percentuale di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- quantità di attivante d'adesione;
- prove Marshall per la determinazione di stabilità e rigidità (UNI EN 12697-34);
- massa volumica di riferimento  $D_M$  (UNI EN 12697-9), percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), stabilità e rigidità Marshall (UNI EN 12697-34) e perdita di Stabilità Marshall per immersione in acqua (UNI EN 12697-12) su provini compattati con il metodo Marshall;
- o, in alternativa, massa volumica di riferimento  $D_G$  (UNI EN 12697-9), percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), resistenza alla trazione indiretta (UNI EN 12697-23) e perdita di resistenza alla trazione indiretta per immersione in acqua (UNI EN 12697-12) su provini compattati con pressa giratoria.

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui.

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, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20s^2$$

dove  $s$  è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata mediante la seguente relazione:

$$s = 100 \cdot \frac{\left[ S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left( \frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

In cui  $\gamma_{miscela}$  è quello riportato nello studio della miscela ( $D_M$  della tabella 83.6 ovvero  $D_G$  della tabella 83.7); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini Marshall confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti:

$$s > 15$$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per carenze nella quantità di bitume riscontrata verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25b^2$$

dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella 83.5.

Per l'assenza di attivante d'adesione verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione pari al 10% del prezzo in elenco per il tappeto di usura.

Per l'eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, o di altri inerti con resistenza alla frammentazione  $LA > 23$  ed alla levigabilità  $PSV < 42$ , verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5b^2$$

dove  $b$  è la percentuale in peso degli inerti di natura carbonatica o di altri inerti con resistenza alla frammentazione  $LA > 23$  ed alla levigabilità  $PSV < 42$ , trattenuti al setaccio ISO 4,5 mm, rispetto al peso totale degli inerti anche quelli passanti al setaccio ISO 4,50 mm compreso il filler.

Per gli inerti grossi di natura basaltica non conformi alle percentuali richieste verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ detrazione} = 0,3b^2$$

Dove  $b$  è la differenza tra 30 e la percentuale in peso degli inerti di natura basaltica (di prima categoria Los Angeles  $\leq 23$  e CLA  $\geq 42$ ) trattenuti al setaccio maglia mm 4, rispetto al peso totale degli inerti, aggregato grosso e aggregato fino così come definiti nelle tabelle 83.1 e 83.2 compreso il passante al setaccio ASTM 200 (filler).

Il peso totale degli inerti è riferito a 100.

Quando il valore di  $b$  è maggiore del 12%, comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 6% verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = v + 0,5 \times v^2$$

dove  $v$  è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Nel periodo compreso tra 6 e 12 mesi dall'ultimazione della stesa verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4. In alternativa potrà essere determinato il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) con l'apparecchiatura SCRIM (UNI CEN/TS 15901-6).

Per valori di PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 60 (oppure in alternativa per valori del CAT inferiori a 0,60) verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori del PTV (Pendulum Test Value), inferiori a 45 (oppure in alternativa per valori del CAT inferiori a 0,45) comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le penali precedentemente 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.

## Art.84. Formazione di manti d'usura speciali

### TAPPETO DI USURA TIPO SPLITTMASTIX

Lo splittmastix è un conglomerato bituminoso caratterizzato dalla presenza di una elevata quantità di graniglia e da un "mastice" costituito da bitume + filler + fibre stabilizzanti (splitt-mastix asphalt).

Le particolari caratteristiche granulometriche (e litologiche) degli inerti impiegati unitamente ad un alto contenuto di legante modificato con polimeri consente a questo tipo di pavimentazione di fornire prestazioni di assoluto livello in termini di durabilità, stabilità e resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale e resistenza all'ormaiamento.

Il conglomerato tipo splittmastix è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, bitume modificato, additivi e fibre.

### Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 84.A1.

**Tabella A.1**

AGGREGATO GROSSO			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	≤22%	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	100%	C <sub>1000</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	14 mm	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	≤1%	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	≤1%	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	≤20%	FI <sub>30</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	≤1,5%	WA <sub>242</sub>
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	≥45%	PSV <sub>45</sub>

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D=4mm.

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 84.A2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità PSV ≤ 45 il trattenuto al setaccio 2mm non deve superare il 20 %.

**Tabella A.2**

AGGREGATO FINE			
Parametro	Norma di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	≥70%	-
Quantità di frantumato		60%	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	≤5%	f <sub>5</sub>

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, dovrà essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in –Tabella 84.A3.

**Tabella A3**

FILLER			
Parametro	Norma di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-4	28-45%	V <sub>28-45</sub>
Stiffening Power - Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	≥5%	-

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 84.A1/ A2 ed A3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

### Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti

polimeri elastomerici e plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 84.A4.

**Tabella A.4**

BITUME			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma=10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	Pa·s	≥ 0,25
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	≥ 50%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	UNI EN 13399	°C	≤ 0,5
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1		
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 65
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 5

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del legante tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per c/terzi.

### Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

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.

Miscele

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo splittmastix, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nel progetto a base dell'appalto. Nel caso in cui il progetto non preveda specifiche indicazioni si potrà fare riferimento ai fusi riportati in Tabella 84.A5

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa

**Tabella A.5**

Serie setacci ISO		Tipo 0/12	Tipo 0/8	Tipo 0/5
Setaccio	20	100		
Setaccio	14	90 – 100	100	
Setaccio	10	60 – 75	90 – 100	100
Setaccio	6.3	40 – 50	30 – 50	90 – 100
Setaccio	4	25 – 35	25 – 35	30 – 40
Setaccio	2	18 – 28	20 – 25	20 – 25
Setaccio	0.5	13 – 21	14 – 19	14 – 18
Setaccio	0.063	7 – 12	8 – 12	9 – 12
Percentuale di bitume		6,2 – 7,2	6,5 – 7,5	7,0 – 8,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34). In alternativa quando possibile si potrà utilizzare il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibrette 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 84.A6 e nella Tabella 84.A7.

**Tabella A.6**

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Costipamento	50 colpi x faccia	
<i>Risultati richiesti</i>		
Stabilità Marshall	KN	>9
Rigidità 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 <sup>2</sup>	> 0,60
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		

**Tabella A.7**

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori richiesti
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 <sup>2</sup>	> 0,5
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 45
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

Accettazione delle miscele

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera e per ciascun impianto 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 sono ammessi scostamenti di  $\pm 3$  delle singole percentuali dell'aggregato grosso, di  $\pm 2\%$  per l'aggregato fino (passante al setaccio ISO 4.50 mm) e di  $\pm 1,5\%$  del passante al setaccio ISO 0.063mm.

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,30$ .

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.

### 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 ristagni di 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 170°C e 180° C e quella del legante tra 160° 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.

### Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione del manto di usura tipo splittmastix è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo 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 0,5 Kg/m<sup>2</sup>; in alternativa può essere utilizzato bitume modificato steso a caldo nella stessa quantità per unità di superficie.

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 essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 70% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808:2005: C 70 BP 4) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 84.D1 .

**Tabella D.1**

<b>EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	30+/-1%	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	70+/-1%	8
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	> 67%	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	0%	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	≤10%	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	70 – 130	4
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	50-70 mm 10 <sup>-1</sup>	-
Punto di rammolimento	UNI EN1427	> 65°C	-
Punto di rottura (Frass)	UNI EN 12593	< -15°C	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	≥ 75%	5

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella 84.D1. Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

#### Posa in opera

La posa in opera del tappeto di usura 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.

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 deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante 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 150° 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 del tappeto di usura deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 12t.

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 dello strato finito 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.

La miscela bituminosa dello splittmastix verrà stesa sul piano finito dello strato 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.

### Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua 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 84.F1 .

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da un Laboratorio Ufficiale indicato dal Committente.

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 additivi e vengono effettuate prove Marshall per la determinazione di stabilità e rigidità (UNI EN 12697- 34). Inoltre sui provini compattati con il metodo Marshall sono determinati la massa volumica di riferimento  $D_M$  (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (CNR n. 121/87) e la 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.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui.

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, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove  $s$  è lo scostamento in percentuale dal valore di progetto valutato con

$$s = (S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} * \gamma_{\text{carota}} / (0,98 \gamma_{\text{miscela}})) * 100 / S_{\text{progetto}}$$

$\gamma_{\text{miscela}}$  è quello riportato nello studio della miscela ( $D_M$  della tabella 84.A6 ovvero  $D_G$  della tabella 84.A7); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini Marshall confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti

$$s > 15$$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per carenze nella quantità di bitume riscontrata verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella 84.A5 (ultima riga)

Per l'eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica o di altri inerti con resistenza alla frammentazione  $LA > 22$  ed alla levigabilità  $PSV < 45$  verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 b^2$$

dove b è la percentuale in peso degli inerti di natura carbonatica o di altri inerti con resistenza alla frammentazione  $LA > 22$  ed alla levigabilità  $PSV < 45$  trattenuti al setaccio ISO 4.5 mm, rispetto al peso totale degli inerti anche quelli passanti al setaccio ISO 4,50 mm compreso il filler.

Per gli inerti grossi di natura non carbonatica aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella 84.A1) la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori al 6% verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco dello splittmastix pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = v + 0,5 v^2$$

dove v è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Nel periodo compreso tra 6 e 12 mesi dall'ultimazione della stesa verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma CNR 105/85. In alternativa potrà essere determinato il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92).

Per valori di BPN (British Pendulum Number), inferiori a 60 (oppure in alternativa per valori del CAT inferiori a 0,60) verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori del BPN (British Pendulum Number), inferiori a 50 (oppure in alternativa per valori del CAT inferiori a 0,50) comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le penali precedentemente 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 F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.1
Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.2
Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.3
Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.4
Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Splittmastix	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Splittmastix	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % additivi, % vuoti
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia stesa	BPN ≥ 60 CAT ≥ 0,60

**Art.85. Fresatura degli strati in conglomerato bituminoso**

La fresatura interesserà l'area di intervento per una profondità media pari a quella indicata negli elaborati esecutivi.

L'operazione sarà effettuata in orario diurno in qualunque condizione di traffico secondo le indicazioni impartite dalla Direzione Lavori ai fini della salvaguardia dell'incolumità sia delle maestranze che degli eventuali veicoli in transito in prossimità del cantiere.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi di cantiere sulla parte di pavimentazione da non demolire saranno riparati a cura e spese dell'Impresa.

**Personale ed attrezzature**

Il personale addetto alle opere fresatura e rimozione dovrà avere preparazione e pratica specifiche, sia per l'esecuzione materiale dei lavori che per l'individuazione immediata di condizioni di pericolo.

La fresatura sarà effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico di materiale di risulta. Le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate secondo la "direttiva macchine", D.P.R. 24/7/96 n.459.

L'Appaltatore dovrà essere in regola e farsi carico degli oneri per attenersi a tutte le disposizioni a norma di legge vigente in materia di trasporto dei materiali di rifiuto provenienti dai cantieri stradali o edili.

La superficie del cavo fresato dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati. Particolare cura e cautela sarà rivolta alla fresatura della pavimentazione su cui giacciono coperchi o prese dei sottoservizi, la stessa Impresa ha l'onere di sondare o farsi segnalare l'ubicazione di tutti i manufatti che potrebbero interferire con la fresatura stessa.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia delle superfici fresate, sarà eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito. Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno risultare, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

## **Capo 16 – OPERE E STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO E PRECOMPRESSO**

### **Art.86. Calcestruzzi**

Il calcestruzzo è un materiale composito che si ottiene per miscelazione di cemento, aggregati ed acqua e per successivo indurimento della pasta cementizia. Oltre a questi componenti il calcestruzzo può contenere additivi ed aggiunte.

Il calcestruzzo preconfezionato dovrà rispondere nel suo processo produttivo, nel trasporto e nella posa in opera alle direttive riportate nelle “Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato” emanate dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 02/2002.

#### composizione delle miscele

Il calcestruzzo va specificato dal progettista come miscela progettata con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita). I dati fondamentali per gli impasti a prestazione garantita, indicati in tutti i casi nella relazione sui materiali facente parte del progetto esecutivo, comprendono:

1. Classe di resistenza;
2. Massima dimensione nominale degli aggregati;
3. Tipo di struttura (semplice, armata o precompressa);
4. Classe di esposizione ambientale
5. Lavorabilità

La classe di resistenza del calcestruzzo Tabella 86.2 è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150mm di lato ( $R_{ck}$ ) o cilindri di diametro 150mm e altezza 300mm ( $f_{ck}$ ).

**Tabella 86.2**

Classe di resistenza	$f_{ck}$ ( $N/mm^2$ )	$R_{ck}$ ( $N/mm^2$ )	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	non strutturale
C12/15	12	15	
C16/20	16	20	ordinario
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	
C30/37	30	37	
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	

Per la determinazione della resistenza a compressione si farà riferimento alle Norme UNI 6126, 6127, 6130, 6132 ed alle prescrizioni del DM 14/01/08.

La classe di esposizione ambientale di ciascun elemento strutturale sarà di norma specificata seguendo le indicazioni delle “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” emanate dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Tabella 86.3).

**Tabella 86.3**

Denominazione	Descrizione dell'ambiente di esposizione
<b>X0 - Nessun rischio di corrosione</b>	
X0	Molto secco
<b>XC - Corrosione indotta da carbonatazione</b>	
XC1	Secco
XC2	Bagnato raramente secco
XC3	Umidità moderata
XC4	Cicli di bagnamento e di essiccamento
<b>XD - Corrosione indotta dai cloruri</b>	
XD1	Umidità moderata
XD2	Bagnato raramente secco
XD3	Cicli di bagnamento e di essiccamento
<b>XS - Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare</b>	
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare
XS2	Sommerso
XS3	Nella zona delle maree, nella zona degli spruzzi
<b>XF - Attacco da cicli di gelo disgelo</b>	
XF1	Grado moderato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF2	Grado moderato di saturazione in presenza di sali disgelanti
XF3	Grado elevato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF4	Grado elevato di saturazione in presenza di sali disgelanti
<b>XA - Attacco chimico</b>	
XA1	Aggressività debole
XA2	Aggressività moderata
XA3	Aggressività forte

Nel caso in cui gli elaborati progettuali specificano la classe di esposizione ambientale secondo le specifiche della Norma UNI 9858, il collegamento con le presenti Norme Tecniche può essere effettuato secondo quanto riportato nella **Tabella 86.4**.

**Tabella 86.4**

Ambiente d'esposizione secondo UNI 9858		Classi di esposizione
Secco / Molto secco	1	X0
Umido senza gelo	2a	XC1; XC2
Debolmente aggressivo	5a	XC3; XD1; XA1
Umido con gelo	2b	XF1
Marino senza gelo	4a	XS1; XD2
Moderatamente aggressivo	5b	XA2; XC4
Umido con gelo e sali disgelanti	3	XF2
Marino con gelo	4b	XF3
Fortemente aggressivo	5c	XD3; XS2; XS3; XF4; XA3

In relazione alla classe di esposizione prescritta, il calcestruzzo dovrà soddisfare ai seguenti requisiti

- classe di esposizione XC:

**Tabella 86.5**

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Classe di resistenza
XC1	0.60	280	C25/30
XC2	0.60	280	C25/30
XC3	0.55	300	C30/37
XC4	0.50	320	C30/37

- classe di esposizione XD:

**Tabella 86.6**

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Classe di resistenza
XD1	0.55	300	C30/37
XD2	0.50	320	C30/37
XD3	0.45	350	C35/45

- classe di esposizione XS:

**Tabella 86.7**

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Classe di resistenza
XS1	0.50	300	C30/37
XS2	0.45	320	C35/45
XS3	0.40	370	C35/45

- classe di esposizione XF:

**Tabella 86.8a**

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Classe di resistenza
XF1	0.55	300	C30/37
XF2	0.50	320	C30/37
XF3	0.50	320	C30/37
XF4	0.45	340	C35/45

Per i calcestruzzi in classe di esposizione XF dovrà essere inoltre garantito il volume minimo di microbolle d'aria aggiunta specificato in Tabella 86.8b. Le microbolle dovranno essere uniformemente distribuite nella miscela ed avere un fattore di spaziatura < 0,20mm, misurato sul calcestruzzo indurito.

**Tabella 86.8b**

Diametro massimo dell'aggregato (mm)	Aria Aggiunta (%)
32	4
16	5
8	6

- classe di esposizione XA:

**Tabella 86.9**

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento	Classe di resistenza*
XA1	0.55	300	C30/37
XA2	0.50	320	C30/37
XA3	0.40	370	C35/45

Quando l'attacco chimico sia dovuto ai solfati, i cementi dovranno rispettare le prescrizioni della UNI 9156.

La lavorabilità degli impasti è valutata attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco. Per la misura della consistenza sarà impiegato di norma il metodo dell'abbassamento al cono (UNI 9418). Se previsto negli elaborati di progetto, potranno inoltre essere richieste prestazioni basate sulla misura della consistenza attraverso la prova di spandimento (UNI 8020 - metodo B). I valori di riferimento per l'individuazione della classe di consistenza sono quelli indicati in **Tabella 86.10** e **Tabella 86.11**.

**Tabella 86.10**

Classe di consistenza	Abbassamento al cono (mm)	Denominazione corrente
S1	Da 10 a 40	Umida
S2	Da 50 a 90	Plastica
S3	Da 100 a 150	Semifluida
S4	Da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

**Tabella 86.11**

Classe di consistenza	Spandimento (mm)
FB1	≤ 340
FB2	da 350 a 410
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	≥ 630

In mancanza di esplicite diverse indicazioni negli elaborati di progetto, le miscele, al momento del getto, devono avere un abbassamento al cono di almeno 100mm (S3) o uno spandimento di almeno 420mm (FB3).

In ogni caso la classe di consistenza specificata negli elaborati di progetto, si intende riferita al momento del getto del calcestruzzo.

Il dosaggio, il tipo e la classe di cemento da utilizzare, saranno stabiliti nella fase di qualificazione delle miscele. Nella scelta si dovrà tenere conto oltre che della resistenza richiesta, del suo sviluppo nel tempo, e delle esigenze legate alla durabilità (classe di esposizione ambientale), anche della velocità di sviluppo della resistenza, e del calore di idratazione. In ogni caso il dosaggio di cemento non potrà mai scendere al di sotto dei 280 kg/m<sup>3</sup>.

L'assortimento granulometrico delle miscele dovrà essere realizzato impiegando almeno tre classi granulometriche diverse. La granulometria 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 granulometrica scelta per ciascuna miscela dovrà essere comunicata prima dell'inizio dei getti alla Direzione Lavori che provvederà a verificarne la costanza.

La massima dimensione nominale degli aggregati dovrà essere indicata negli elaborati di progetto, nel rispetto delle indicazioni riportate al punto 5.4 della Norma UNI 9858 e delle vigenti disposizioni di legge.

Il rapporto acqua-cemento (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire la durabilità del calcestruzzo, il raggiungimento della resistenza richiesta dagli elaborati progettuali e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele, sia allo stato fresco che indurito.

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 essa 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.

#### 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 comprendendo una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una di messa a punto delle miscele all'impianto di produzione.

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, 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. (valutazione preliminare della resistenza prevista dal D.M. 14/01/08)

Lo studio di composizione presentato non dovrà essere più vecchio di un anno. 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 saturi 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 eventualmente all'effettuazione, presso l'impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, di impasti di prova per la qualificazione della produzione di ciascuna miscela.

La qualifica si intenderà positivamente superata quando:

- la resistenza caratteristica misurata sul calcestruzzo all'impianto di produzione risulti superiore a quella prevista per la miscela in prova;
- il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza dichiarata;
- il rapporto a/c determinato secondo le modalità previste nella norma UNI 6393, non superi 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.

Nel caso sia previsto il pompaggio delle miscele, gli impasti prodotti dovranno possedere idonee proprietà reologiche, di modo che il getto avvenga mantenendo il valore prestabilito del rapporto a/c. (vedi linee guida sul calcestruzzo preconfezionato)

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.

Prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori.

#### Stagionatura e protezione del calcestruzzo (riferimento Linee guida sul calcestruzzo strutturale)

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.

Le durate, in giorni, di stagionatura protetta per conseguire una adeguata impermeabilità della zona corticale delle strutture sono riportati nella **Tabella 86.12**.

**Tabella 86.12**

Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo	Rapido			Medio			Lento		
Temperatura del calcestruzzo (°C)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
<i>Condizioni ambientali durante la stagionatura:</i>	giorni di stagionatura protetta								
Non esposto ad insolazione diretta; UR ≥ 80%	2	2	1	3	3	2	3	3	2
Insolazione o vento medi, UR ≥ 50%	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Insolazione o vento intensa, UR ≤ 50%	4	3	2	8	6	5	10	8	5

La velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo può essere desunta dalla **Tabella 86.13**.

**Tabella 86.13**

Velocità di sviluppo della resistenza	Rapporto a/c	Classe del cemento
Rapida	< 0,5	42,5 R
Media	0,5 - 0,6	42,5 R
	< 0,5	32,5 R - 42,5 R
Lenta	In tutti gli altri casi	

Le durate di stagionatura riportate in Tabella 86.12 dovranno essere adeguatamente aumentate nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto a severe condizioni di abrasione o per condizioni ambientali più gravose di quelle corrispondenti alle classi X0, XC e XA1.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali non provochino fessure tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito.

Per limitare le tensioni di origine termica, la differenza massima di temperatura tra il centro e la superficie del getto, non deve superare i 20°C. Gradienti termici inferiori potranno essere specificati nel progetto.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state raggiunte le resistenze prescritte. Subito dopo il disarmo si dovranno prendere gli accorgimenti necessari in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua contenuta nel conglomerato e quindi il rapido essiccamento della sua superficie.

Qualora la stagionatura non sia effettuata come sopra riportato la D.L. potrà anche ordinare la rimozione dell'opera e la sua ricostruzione a carico dell'impresa.

#### Controlli e penalità

La Direzione Lavori esegue controlli in corso d'opera per verificare la conformità dei materiali e degli impasti impiegati alle prescrizioni normative. In particolare verrà controllata la resistenza caratteristica a compressione Rck sulla base di quanto previsto dal DM 14/01/08.

Ai fini del controllo di accettazione, i prelievi, la confezione dei cubetti, la loro stagionatura dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme UNI vigenti. Per ogni prelievo verrà redatto un verbale sottoscritto anche dal personale delegato dal produttore ai controlli al momento della consegna del calcestruzzo chiamato ad assistere al prelievo.

Controlli sulla resistenza caratteristica a compressione ( $R_{ck}$ ):

Il controllo di accettazione previsto dal DM 14/01/08 è assolutamente obbligatorio ed il collaudatore è tenuto a controllarne l' idoneità.

L'impresa, prima dell'esecuzione di un qualsiasi getto, deve mettere a disposizione della Direzione Lavori appositi contenitori per consentire, in qualsiasi momento ritenuto opportuno dalla D.L., il prelievo dei cubetti da sottoporre a prove di schiacciamento.

Per la preparazione e la stagionatura dei provini vale quanto indicato nella UNI 6127. Per la forma e le dimensioni dei provini di calcestruzzo e le relative casseforme, vale quanto indicato nelle norme UNI 6130-1 e UNI 6130-2 limitatamente ai provini per le prove di resistenza a compressione.

Il prelievo dei campioni di calcestruzzo fresco per il controllo di accettazione va eseguito a cura e spese dell'impresa alla presenza del direttore lavori o di un tecnico di sua fiducia. Il direttore dei lavori dovrà inoltre curare mediante sigle, etichettature indelebili ecc che i provini inviati per le prove ai laboratori ufficiali siano effettivamente quelli prelevati alla sua presenza o del tecnico di sua fiducia.

In relazione al quantitativo di miscela omogenea da gettare sarà effettuato un controllo di accettazione di tipo A o di tipo B (DM 14/01/08)

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal direttore dei lavori, il quale deve procedere a spese dell'impresa, ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine non distruttivi. Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definito anche come valore attuale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi. È accettabile un valor medio, misurato con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformato in resistenza cubica, non inferiore all'80% di  $R_{cm}$ .

Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo. Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la  $R_{ck}$  è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Il calcestruzzo verrà allora contabilizzato proporzionalmente al valore della resistenza caratteristica trovata.

**Nel caso in cui con il valore della  $R_{ck}$  risultante dai controlli non fossero verificati i calcoli statici, la Direzione Lavori potrà, in alternativa:**

- dequalificare l'opera;
- fare eseguire lavori di adeguamento, preventivamente approvati dal Progettista;
- chiedere all'Impresa di demolire e ricostruire la parte di opera risultata difettosa.

Tutti gli oneri per eventuali interventi di adeguamento, demolizione e ricostruzione sono a carico dell'Impresa.

### **Art.87. Casseforme, armature e centinature**

Per l'esecuzione di tali opere provvisorie, sia del tipo fisso che del tipo scorrevole, sia in senso verticale che in quello orizzontale, nonché per il varo di elementi strutturali prefabbricati, l'Impresa potrà adottare il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfino alle condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi.

L'Impresa è tenuta ad osservare, nella progettazione ed esecuzione di armature e centinature, le norme ed i vincoli che fossero imposti dagli Enti e persone responsabili, circa il rispetto di particolari impianti o manufatti esistenti nella zona interessata dalla nuova costruzione.

Le operazioni di disarmo saranno effettuate secondo quanto riportato all'art. 86 relativamente alla stagionatura del calcestruzzo o secondo le prescrizioni del Direttore dei Lavori.

Nella costruzione sia delle armature che delle centinature di qualsiasi tipo, l'Impresa è tenuta ad adottare gli opportuni accorgimenti affinché in ogni punto della struttura l'abbassamento possa venire fatto simultaneamente.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature e delle centinature, l'Impresa è inoltre tenuta a rispettare le norme e le prescrizioni che, eventualmente, venissero impartite dagli Uffici competenti circa l'ingombro degli alvei attraversati, o circa le sagome libere da lasciare in caso di sovrappassi di strade ecc.

### **Art.88. Acciaio per Calcestruzzo armato**

Il peso del tondo di armatura del calcestruzzo verrà determinato mediante il peso teorico corrispondente ai vari diametri effettivamente prescritti, trascurando le quantità superiori alle prescrizioni, le legature e le sovrapposizioni per giunte non ordinate. Il peso del ferro verrà in ogni caso determinato con mezzi analitici ordinari, misurando cioè lo sviluppo lineare effettivo per ogni barra (seguendo le sagomature e uncinature) e moltiplicandolo per il peso unitario dato dalle tabelle ufficiali U.N.I.

Col prezzo fissato, il tondino sarà fornito e dato in opera nelle casseforme, dopo aver subito tutte le piegature, sagomature e legature ordinate dalla direzione dei lavori, curando che la posizione dei ferri coincida rigorosamente con quella fissata nei disegni esecutivi.

#### Controlli in cantiere (D.M. 14/01/08 Nuove Norme tecniche per le costruzioni)

Le forniture di acciaio per c.a. vanno comunicate con congruo preavviso alla D.L. (almeno 24 h) che ne deve tempestivamente accertare la conformità agli elaborati progettuali, prima della loro messa in opera. Ad ogni partita, accompagnata da documento di trasporto deve essere allegata la certificazione della ferriera di provenienza sui cui deve essere apposta la dicitura "materiale consegnato presso il cantiere di .... il giorno ....." .

Partite relative a ferriere diverse devono essere mantenute separate per consentire le operazioni di campionatura per i controlli previsti dalle vigenti leggi.

I controlli sono obbligatori e devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita.

Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere

che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato.

In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli di cui al punto precedente. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del direttore dei lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

#### **Art.89. Acciaio per Calcestruzzo armato prefabbricato (fili, barre, treccie e trefoli)**

All'atto delle posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione difetti superficiali visibili, pieghe.

E' tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere nessuna operazione di raddrizzamento.

Tutti i produttori di acciaio per armatura da precompressione debbono munire le loro forniture di un sigillo nelle legature contenente il marchio del produttore da cui risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, alle caratteristiche dell'acciaio.

Il prezzo a chilogrammo dei soli cavi di acciaio armonico impiegato per i calcestruzzi precompressi, compensa anche la fornitura e posa in opera delle guaine, dei fili di legatura delle stesse guaine e le iniezioni con malta di cemento nei vani dei cavi, le teste e le piastre di ancoraggio e la mano d'opera e i mezzi ed i materiali per la messa in tensione dei cavi stessi, nonché, per il bloccaggio dei dispositivi.

#### Controlli in cantiere

I saggi destinati ai controlli:

- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove ed in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

Le presenti norme prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- controlli in stabilimento;
- controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi;
- accettazione in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione.

I controlli eseguiti negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi si riferiscono a forniture.

L'accettazione eseguita in cantiere si riferisce a lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

Lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante

apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di produzione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

Forniture: sono lotti formati da massimo 90t, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

Lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I controlli in cantiere possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da uno stabilimento di prefabbricazione o da un luogo di formazione dei cavi nel quale sono stati effettuati i controlli di cui al punto precedente.

In quest'ultimo caso la fornitura del materiale deve essere accompagnata da idonea documentazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni.

I controlli sono effettuati secondo le modalità indicate dal D.M. 14/01/08.

Effettuato un prelievo di 3 saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 30 t, ed appartenenti ad una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori minimi di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,2)}$ .

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come di seguito indicato.

Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno 10 saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a 10, da alcuni rotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio.

Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, bobina o fascio di provenienza.

Effettuato il prelievo supplementare si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori medi  $g_{mn}$  di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,2)}$ .

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se:

- per le tensioni di rottura  $f_{pt}$ :

$$g_{mn} \geq 1,03 f_{ptk}$$

$$s_n \leq 0,05 f_{ptk}$$

- per le grandezze  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,2)}$ :

$$g_{mn} \geq 1,04 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,2)k})$$

$$s_n \leq 0,07 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,2)k})$$

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

Se tali disuguaglianze non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni normative si ripeteranno, previo avviso al produttore, le prove su altri 10 saggi.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

## **Art.90. Strutture prefabbricate e precomprese**

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo è previsto nella relazione di calcolo e nel piano di montaggio che, ferma restando la totale ed esclusiva responsabilità dell'Appaltatore, con congruo anticipo sull'inizio dei montaggi, dovrà essere trasmesso alla direzione dei Lavori.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare si dovrà controllare che la contro freccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni del piano di montaggio, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, la Ditta è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare riguardo:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi e sottopassi di strade ecc.
- per le interferenze con i servizi di soprasuolo e sottosuolo.

## **Art.91 – Gallerie artificiali**

Le gallerie artificiali sono definite come manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Le gallerie considerate nel progetto posto a base del presente appalto rientrano tra quelle realizzate con scavo parzialmente a cielo aperto. Tale tecnica viene generalmente adottata quando la situazione orografica e le caratteristiche geotecniche non permettono l'apertura di uno scavo totale dal piano di campagna fino al piano di imposta delle fondazioni.

In questo caso si procederà alla definizione di sezioni che prevedano l'esecuzione delle spalle mediante paratie realizzate dall'alto.

Successivamente, dopo l'esecuzione dell'impalcato di copertura potrà essere effettuato lo scavo della porzione di terreno contenuta tra le paratie laterali, l'impalcato e la platea di fondo.

In questo caso, lo spessore massimo ammissibile per il terreno di copertura è di 6 m. ed il ritombamento dovrà procedere in conformità con le sezioni contenute nel progetto esecutivo.

Per quanto riguarda tutte le fasi lavorative che comprendono gli scavi, la realizzazione di paratie di pali trivellati in calcestruzzo armato, l'utilizzo di conglomerato cementizio gettato in opera e il riporto di terreno naturale, valgono le prescrizioni nelle rispettive sezioni del presente Capitolato.

## **Art.92. Manufatti prefabbricati prodotti in serie**

Per questo tipo di opere si deve far riferimento a quanto riportato nel D.M. del 14/01/08.

Prima della posa in opera di ciascun manufatto prefabbricato, l'impresa è tenuta a produrre alla Direzione lavori copia della relazione di cui all'art. 9 della Legge 5-11-71 n. 1086.

La relazione di cui sopra, completa delle descrizioni di cui ai punti a) b) c) d) dell'art. 9 della Legge 5-11-71 n. 1086, oltre che dei disegni esecutivi, dovrà dimostrare la completa rispondenza del manufatto alle prescrizioni progettuali ed essere firmata da un tecnico abilitato, il quale assume con ciò le responsabilità della legge per il progettista.

La responsabilità della rispondenza dei prodotti rimane a carico della ditta produttrice che è obbligata a fornire al direttore dei lavori un "certificato di origine" firmato dal produttore, che così si assume le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal tecnico responsabile della produzione.

Il certificato dovrà garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata al ministero delle infrastrutture e dei trasporti (art. 9 L. 1086).

Copia del certificato di origine dovrà essere allegato alla relazione del direttore lavori di cui all'art. 6 L. 5-11-71 n. 1086.

Tutti gli elementi precompressi dovranno essere chiaramente e durevolmente contrassegnati onde si possa individuare la serie di origine.

La ditta produttrice dei manufatti è tenuta a fornire tutte le prescrizioni relative alle operazioni di trasporto e di montaggio dei manufatti stessi.

Oltre a quanto sopra specificato, tutti gli elementi prefabbricati previsti in progetto dovranno avere le caratteristiche indicate nelle corrispondenti voci di elenco prezzi e nei relativi elaborati grafici.

Per i ponti l'impresa sarà tenuta a fornire i calcoli statici dell'intero impalcato (travi in cap, soletta e trasversi gettati in opera...) sviluppati sulla base della normativa vigente per ponti di prima categoria, ma la sollecitazione dei materiali non dovrà essere superiore all'85 % di quella prevista dalla norme stesse.

### **Art.93. Apparecchi d'appoggio**

#### Generalità

Gli apparecchi d'appoggio possono essere del tipo fisso o mobile, per la realizzazione, rispettivamente, dei vincoli di «cerniera» e di «carrello cerniera» e dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14/01/08 «Nuove Norme Tecniche sulle costruzioni», ed alle «Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni», C.N.R. - U.N.I. 10018 - 72-85.

Inoltre dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 «Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali» e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34233 del 25/2/1991.

L'impresa è inoltre tenuta a presentare certificazione del sistema di qualità aziendale conforme alla norma ISO 9001 e la certificazione di prodotto rilasciata dal servizio tecnico centrale del ministero dei lavori pubblici ai sensi dell'art. 8 comma 3 del DPR 246/93

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione dei Lavori il progetto esecutivo degli apparecchi di appoggio corrispondente ai tipi stabiliti dalla Direzione dei Lavori.

Il progetto esecutivo dovrà contenere:

- a.) il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento. Dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti ai carichi permanenti ed accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscosse ed al ritiro del calcestruzzo;
- b.) l'indicazione delle caratteristiche di mobilità richieste per gli apparecchi, in funzione dei dati di cui al punto a) e di un congruo franco di sicurezza, che dovrà essere espressamente indicato;
- c.) l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- d.) l'indicazione della prerogolazione da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo al momento della posa;
- e.) la verifica statica dei singoli elementi componenti l'apparecchio e la determinazione della pressione di contatto;
- f.) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile, alle norme UNI;
- g.) l'indicazione delle relazioni che l'apparecchio dovrà sopportare;
- h.) l'indicazione delle modalità di collegamento dell'apparecchio al pulvino ed alla struttura d'impalcato e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio.

In ogni caso l'Impresa dovrà presentare un apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

Prima della posa in opera degli apparecchi d'appoggio l'Impresa dovrà provvedere per ogni singolo apparecchio al tracciamento degli assi di riferimento ed alla livellazione dei piani di appoggio, i quali dovranno essere rettificati con malta di cemento additivata con resina epossidica.

Procederà, successivamente, al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto. In questa fase ciascun apparecchio dovrà essere prerogolato sempre secondo le prescrizioni di progetto.

Inoltre dovranno risultare agevoli: la periodica ispezione, la manutenzione e l'eventuale sostituzione.

### Materiali

In linea di massima, le caratteristiche dei materiali dovranno essere le seguenti:

a) Acciaio laminato.

Sarà della classe Fe37, Fe43 o Fe52 - grado D delle norme UNI 7070-72.

b) Acciaio fuso o per getti.

Sarà della classe FeG52 delle norme UNI 3158-77.

c) Acciaio inossidabile.

Lamiere per superfici di scorrimento: acciaio della classe X5 Cr Ni Mo 17/12 delle norme UNI 6903-71.

Il materiale, sottoposto a prove di corrosione secondo le norme UNI 4261-66 non dovrà dare luogo ad ossidazioni a 60°C +/- 2, senza agitazione, per 4 giorni consecutivi. La faccia a contatto con il PTFE dovrà essere lucidata fino a rugosità Ra 0,1 micron (UNI 3963).

d) Elastomeri.

Elastomero alternato ad acciaio: sarà conforme alle norme C.N.R.-UNI10018-72-85.

Elastomero per cuscinetti incapsulati: sarà realizzato con mescole a base di neoprene aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione, > 10 N/mm<sup>2</sup> [100 Kg/cm<sup>2</sup>] (UNI 6065-67);
- allungamento a rottura, > 300% (UNI 6065-67);
- deformazione permanente a compressione (UNI 4913), (50%; 24h; 70°C) < 20%;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

e) Politetrafluoroetilene (PTFE).

Per le superfici di scorrimento.

Sarà tassativamente di tipo vergine, di primo impiego, senza aggiunte di materiale rigenerato o di additivi, prodotto per libero deposito e non addensato.

Le caratteristiche del PTFE, determinato secondo le norme UNIPLAST 5819-66, saranno le seguenti:

- densità 2,13 - 2,23 g/cm<sup>3</sup>;
- resistenza a trazione (23°C), > 24 N/mm<sup>2</sup> [240 Kg/cm<sup>2</sup>];
- allungamento a rottura (23°C), > 300%;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

f) Grasso di silicone per la lubrificazione delle superfici.

Le superfici di scivolamento (PTFE ed acciaio inox) dovranno essere lubrificate nelle zone di scorrimento ma non in quelle di rotazione.

Si dovranno prevedere apposite cavità per l'accumulo del lubrificante che sarà costituito da grasso al silicone che conservi la sua efficacia fino a 35% C.

Detto grasso non dovrà resinificare né aggredire i materiali costituenti le superfici di scorrimento. Esso dovrà essere in particolare conforme alle seguenti norme:

- penetrazione su campione rimaneggiato, 240 - 295 dmm (DIN 51804);
- punto di congelamento, < 50°C (DIN 51556);
- essudazione (Bleeding) 24h a 150°C, < 3% (US-Fed.T.M. Std 791.321.2).

g) Altri materiali.

L'impiego di materiali diversi da quelli indicati, quali alluminio ed acciaio cromato (su supporto Fe52 grado D) è subordinato alle seguenti condizioni:

- documentazione da parte dell'Impresa delle caratteristiche di materiali e delle referenze sulle loro precedenti applicazioni in campi analoghi;
- proposte da parte dell'impresa di specifiche tecniche e norme di accettazione da sottoporre all'approvazione dell'Ente;
- in ogni caso le caratteristiche di resistenza alla corrosione e quelle di attrito delle superfici a contatto, dovranno essere analoghe a quelle ottenibili con i materiali precedentemente descritti.

#### Prove sui materiali

Tutti i materiali da impiegare nella costruzione degli apparecchi di appoggio saranno sottoposti, prima dell'inizio della lavorazione, a collaudo tecnologico a cura e spese dell'impresa, secondo le norme di accettazione riportate nei punti A) e B).

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di intervenire alle operazioni di collaudo, e quella di svolgere ispezioni nell'officina, per verificare la rispondenza dei materiali impiegati ai documenti di collaudo e la regolarità delle lavorazioni.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare, durante la lavorazione, campioni di materiali da sottoporre alle prove di accettazione.

Tali prove si svolgeranno presso i Laboratori designati dalla Direzione dei Lavori e le relative spese saranno a carico dell'Impresa.

#### Fabbricazione

##### a. Acciaio inossidabile

La lamiera di acciaio inossidabile, costituente la superficie a contatto con il PTFE, sarà collegata alla piastra di scorrimento in acciaio mediante saldatura (cordone continuo) o avvitamento (viti o rivetti inossidabili), in maniera tale che sia resistente al taglio.

Nel caso si impieghino delle viti o i rivetti, la lastra di scorrimento di acciaio dovrà essere protetta sufficientemente contro la corrosione, con le misure indicate al successivo punto 5., anche nella zona coperta dalla lamiera inossidabile.

Superfici di scorrimento orizzontale

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile dipenderà dalla differenza, nella direzione del movimento prevalente, fra le dimensioni della lastra di acciaio e della superficie di PTFE, per evitare fenomeni di increspatura dell'acciaio dovuti a eccessiva lunghezza libera della lastra.

Tale spessore sarà conforme alle seguenti condizioni:

Differenza di dimensione	Spessore minimo della lastra di acciaio
fino a 600 mm	2,5 mm
più di 600 mm	3,0 mm

##### Superfici curve

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile sarà di 2,5 mm nel caso di collegamento o con viti o rivetti; di 1,5 mm nel caso di collegamento con saldatura.

##### b. PTFE

Le guarnizioni di PTFE per le superfici di scorrimento orizzontali saranno incassate nelle apposite sedi e fissate con idoneo adesivo. Esse saranno composte o di una superficie unica o di pattini (strisce) della larghezza minima di 5 cm, con interasse non superiore a due volte lo spessore della piastra rivestita in acciaio inossidabile a contatto con i pattini. Nei rivestimenti delle guide degli organi di ritegno le dimensioni delle strisce potranno scendere fino a 15 mm.

Lo spessore totale del PTFE, della parte incassata e di quella fuoriuscente dalla sede sarà, variabile con le dimensioni in pianta della lastra.

I valori di questi spessori si ricaveranno come segue:

Dimensione max superficie PTFE (diametro o diagonale della lastra)	Spessore minimo totale	Spessore parte fuoriuscente
fino a 600 mm	4,5 mm	2,0±0,2 mm
600÷1200 mm	5,0 mm	2,5±0,2 mm
oltre 1200 mm	6,0 mm	3,0±0,2 mm

Nel caso di pattini, di diagonale non eccedente i 600 mm, lo spessore sarà di mm 4 di cui mm 2±0,2 fuoriuscenti.

L'impiego di strisce di PTFE semplicemente incollato è consentito solo nella calotta sferica; il rivestimento di PTFE dovrà essere preformato in un sol pezzo con la stessa sagoma dell'alloggiamento. In questo caso lo spessore del PTFE potrà essere limitato a mm 2±0,2.

Il materiale usato per l'incollaggio dovrà fornire una forza di adesione al supporto di almeno 0,40 Kg per millimetro di larghezza nella prova di strappo innescato con un angolo di 90°.

Il progetto dell'apparecchio dovrà essere tale che, anche durante la massima escursione, la piastra superiore dovrà sempre ricoprire interamente quella rivestita di PTFE.

#### Pressioni ammissibili

Per le superfici di scorrimento orizzontali si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 30 N/mm<sup>2</sup> [300 Kg/cm<sup>2</sup>];
- con carico massimo, 45 N/mm<sup>2</sup> [450 Kg/cm<sup>2</sup>].

Per i listelli di guida, che saranno sempre senza tasche per il grasso, la pressione ammissibile sarà di 60 N/mm<sup>2</sup> [600 Kg/cm<sup>2</sup>] se i carichi non agiscono in modo permanente. In caso contrario varranno le limitazioni per le superfici di scorrimento orizzontali.

Per i rivestimenti delle calotte sferiche si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 17 N/mm<sup>2</sup> [170 Kg/cm<sup>2</sup>];
- con carico massimo, 25 N/mm<sup>2</sup> [250 Kg/cm<sup>2</sup>].

#### Cavità per il lubrificante di grasso al silicone

La profondità di questa cavità non potrà essere maggiore dello spessore di PTFE sporgente al di fuori dell'alloggiamento.

Nel calcolo delle pressioni sul PTFE la sua superficie verrà considerata interamente, senza escludere l'area delle cavità.

#### Coefficiente d'attrito

L'Impresa dovrà fornire i diagrammi del coefficiente d'attrito, previsto per gli appoggi da essa forniti, al variare della pressione di contatto sul PTFE, nelle peggiori condizioni di funzionamento prevedibili (indicativamente a -30°C e con movimenti a bassa velocità, conseguenti a fenomeni di dilatazione).

#### Parti in composizione saldata

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso di lavorazione che ad opera finita, in conformità al D.M. 14 febbraio 1992 e D.M. 9.1.1996.

Tali controlli saranno eseguiti presso gli Istituti designati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'impresa.

#### Protezione anticorrosiva

Tutte le parti metalliche dovranno essere protette contro la corrosione.

Il ciclo dovrà rispettare le seguenti caratteristiche: sabbiatura a metallo bianco, seguita da uno dei cicli di verniciatura contenuti nell'Art. «Verniciature» delle presenti Norme Tecniche.

Le superfici che dovranno venire a contatto col calcestruzzo saranno protette, fino al momento della messa in opera, con un film di materiale sintetico facilmente asportabile all'atto della messa in opera, oppure con altri idonei accorgimenti, tali da permettere la sistemazione in opera con superfici ancora esenti da ruggine e da altre sostanze tali da ridurre l'aderenza acciaio/malta d'ancoraggio.

### Antipolvere

Gli appoggi saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschiapolvere e soffiotti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio. I fermi e i contrassegni degli appoggi, di cui ai punti 3. e 4., dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

### Assemblaggio

#### 1. Collegamenti provvisori

Durante il trasporto ed il montaggio le parti mobili saranno tenute in posizione mediante collegamenti provvisori, da eliminare dopo la posa in opera. A tal fine saranno evidenziati con colore diverso da quello dell'appoggio (per esempio giallo).

#### 2. Pre-regolazione

La pre-regolazione degli apparecchi sarà eseguita dall'Impresa al momento del collegamento alle strutture; i valori della pre-regolazione dovranno corrispondere a quelli precedentemente prescritti dalla Direzione Lavori.

#### 3. Contrassegni

Gli apparecchi saranno dotati di targhetta metallica con le seguenti indicazioni:

- nome dell'Impresa;
- tipo di apparecchio e sue funzioni (multidirezionale, fisso, ecc.);
- carico verticale di progetto;
- eventuale carico orizzontale di progetto;
- escursione longitudinale di progetto;
- eventuali altre indicazioni utili per la corretta posa in opera.

#### 4. Riferimenti

Gli apparecchi saranno dotati di riferimenti per il loro posizionamento.

In particolare, saranno indicati gli assi dell'appoggio e la direzione di scorrimento longitudinale.

Gli apparecchi saranno inoltre dotati di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

### Posa in opera

#### 1. Verifica delle sedi predisposte

Prima di iniziare le operazioni di posa in opera, l'Impresa dovrà verificare a sua cura e spese le sedi predisposte nelle strutture sotto e soprastanti gli appoggi.

In particolare, sarà verificata l'orizzontalità della sede che dovrà essere ripristinata dall'Impresa se presenterà difetti superiori alla tolleranza indicata nello 0,1 % per ogni tipo di apparecchio. Tale ripristino sarà a carico dell'impresa per difetti di orizzontalità fino allo 0,5%; oltre tale tolleranza e per la sola parte eccedente lo 0,5% il ripristino sarà compensato con apposito prezzo. In ogni caso le irregolarità eventualmente rilevate dovranno essere segnalate dall'impresa alla Direzione Lavori per iscritto e prima dell'inizio della posa in opera.

In mancanza di tale comunicazione scritta, si intenderà che l'Impresa ha riscontrato la correttezza delle suddette predisposizioni.

#### 2. Collegamento alla struttura e ripristino dell'orizzontalità

Gli appoggi devono essere adeguatamente collegati alle strutture sotto e soprastanti con zanche d'ancoraggio. E' a carico dell'Impresa la realizzazione di tali collegamenti, con tutte le forniture, prestazioni ed oneri ad essa inerenti. In funzione delle condizioni specifiche si potranno impiegare: iniezioni di resina, strati di conguaglio in resina o in malta di resina, in malta cementizia reoplastica (quest'ultimi verranno impiegati per spessori superiori ai 5 cm) oppure tirafondi metallici, annegati preventivamente nelle strutture, o sigillati entro gli alloggiamenti appositamente precostituiti.

In casi particolari il collegamento sarà realizzato saldando l'apparecchio a contropiastre annegate nelle strutture.

In ogni caso il collegamento dovrà soddisfare i requisiti specificati nella distinta allegata.

Il metodo proposto dall'Impresa sarà sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori, la quale potrà eventualmente richiedere l'effettuazione preventiva di prove sperimentali a carico dell'Impresa.

Le lavorazioni approvate dalla Direzione Lavori saranno compensate con appositi prezzi da indicare nell'offerta. Qualora le condizioni atmosferiche siano tali da richiedere, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, sistemi di riscaldamento, verrà riconosciuto un apposito sovrapprezzo.

#### **Art.94. Giunti di dilatazione**

A seconda della luce degli elementi strutturali soggetti a dilatazione, verranno impiegati particolari dispositivi intesi ad assicurare la protezione dei giunti all'uopo predisposti e tali da garantire la perfetta impermeabilità della struttura ed impedire il passaggio delle acque al di sotto della soletta. L'Impresa sarà tenuta a fornire, insieme col progetto esecutivo dell'opera d'arte all'esame della Direzione dei Lavori, i dati tecnici occorrenti per determinare le caratteristiche del giunto. Tali dati dovranno risultare tenendo conto del calcolo delle deformazioni previste per la struttura, delle deformazioni viscosi, del ritiro dei calcestruzzi, delle variazioni termiche, dei carichi accidentali, ecc.

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 «Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali» e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34233 del 25/2/1991.

Sulla base di tali dati l'Amministrazione si riserva di provvedere direttamente alla fornitura e posa in opera dei giunti di dilatazione per impalcati di opere d'arte.

Restano a carico dell'Impresa gli oneri di assistenza alla posa in opera, tra i quali in particolare vengono espressamente indicati le seguenti operazioni:

- magazzinaggio e guardiania degli apparecchi fino al loro fissaggio definitivo;
- trasporto in cantiere fino alla posizione di montaggio;
- tutte le predisposizioni necessarie per consentire il collegamento fra gli apparecchi di giunto e le strutture, quali in particolare: l'adattamento dei casseri; le cavità da predisporre nelle strutture per l'ancoraggio di zanche e tirafondi, anche con la predisposizione di armature in attesa; la posa in opera di profilati metallici ed altri manufatti annegati nel calcestruzzo, con le relative zanche di ancoraggio;
- qualora la Direzione dei Lavori ritenga, a suo insindacabile giudizio, di consentire il traffico di cantiere o di esercizio, sugli impalcati prima del completamento dei giunti, l'Impresa dovrà provvedere alla sistemazione provvisoria degli stessi, con getti di malta bastarda, con piastre di protezione e con quant'altro ordinato dalla Direzione dei Lavori.

Tutte le suddette predisposizioni dovranno essere verificate dalla Direzione dei Lavori, che avrà facoltà di prescrivere la rettifica e l'adattamento.

L'Impresa dovrà tenere conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopra indicate.

Tutti gli oneri relativi alle operazioni sopra dette sono compresi e compensati nei corrispondenti prezzi di Elenco.

## **Capo 17 – REGIMAZIONE DELLE ACQUE ED OPERE SPECIALI**

### **Art.95. Difesa idraulica del corpo stradale**

La difesa idraulica del corpo stradale si realizza mediante opere atte ad agevolare lo smaltimento delle acque meteoriche, impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, assicurare la stabilità delle scarpate ed eventualmente convogliare sversamenti accidentali sulla carreggiata di inquinanti liquidi negli appositi recapiti protetti.

#### Cunette e fossi di guardia

Le acque defluenti dal corpo stradale o dall'esterno (per esempio dal pendio, per strade a mezza costa o in trincea) vengono raccolte in piccoli canali, detti rispettivamente cunette o fossi di guardia che possono essere in scavo naturale o rivestiti.

Il rivestimento delle cunette e dei fossi di guardia può essere realizzato con calcestruzzo gettato in opera, con elementi prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato (C.A.V.), in muratura o con cordonature.

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, deve essere eseguito con conglomerato cementizio per opere di fondazione con  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ , gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa. La lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

Gli elementi prefabbricati devono essere in conglomerato cementizio vibrato, avente  $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$ , armato con rete di acciaio a maglie saldate, del tipo Fe B 44k in fili del diametro non inferiore a 6 mm.

Gli elementi possono avere forma trapezoidale o a L, secondo i disegni di progetto.

Lo spessore deve essere non inferiore a 7 cm e le testate debbono essere sagomate ad incastro a mezza piastra.

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia deve essere eseguito in muratura di pietrame o di mattoni e malta dosata a  $400 \text{ Kg/m}^3$  di cemento, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti.

Il rivestimento, dello spessore indicato in progetto, deve essere eseguito previa predisposizione nello scavo della malta di allettamento.

Devono essere realizzate con cordoli prefabbricati di lunghezza non superiore a 1,00 m, di forma prismatica e con la sezione indicata in progetto. Gli elementi devono essere in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.), con  $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$ , presentare superfici in vista regolari e ben rifinite ed essere esenti da imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature.

I manufatti prefabbricati devono essere posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura. I giunti devono essere stuccati con malta dosata a  $400 \text{ Kg/m}^3$  di cemento.

Le cordonature devono essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio con  $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ , interponendo uno strato di malta dosata a  $400 \text{ Kg/m}^3$  di cemento, che deve essere utilizzata anche per la stuccatura dei giunti.

#### Caditoie stradali

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomate che raccolgono le acque defluenti nelle cunette poste ai lati delle strade o ai bordi di superfici scolanti. Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato ispezionabile e manutenibile con un dispositivo di coronamento (griglia) o di chiusura (chiusino).

I pozzetti di raccolta delle acque sono costruiti in opera o sono prefabbricati. I pozzetti in opera possono essere realizzati in muratura o con conglomerato cementizio; le dimensioni e le caratteristiche dei materiali sono descritte negli elaborati di progetto.

I pozzetti in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio armato e vibrato ed avere le seguenti caratteristiche:

$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ;

armatura con rete elettrosaldada in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;

spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;

predisposizione per l'innesto di tubazioni.

Le griglie ed i chiusini vengono impiegati a protezione di pozzetti e canalette. Tutti gli elementi costruttivi devono essere conformi alle norme UNI-EN 124.

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo deve avere diametro superiore a 600 mm.

Griglie, chiusini ed i rispettivi telai di appoggio devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante la norma di riferimento, la classe corrispondente, la sigla e/o il nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

#### Embrici

L'allontanamento delle acque di piattaforma dalla scarpata di un rilevato stradale può avvenire tramite scivoli che adducono l'acqua fino al piede della scarpata. Le canalette devono estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina fino al fosso di guardia. L'elemento più alto è detto invito, i successivi embrici.

Gli embrici sono costituiti da elementi prefabbricati in C.A.V. realizzati con conglomerato cementizio  $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$  ed aventi misure di cm 50/40x50x20 e spessore  $\geq 5 \text{ cm}$ .

Prima della posa in opera l'Impresa deve avere cura di effettuare lo scavo di imposta in funzione della forma dell'elemento e realizzare il piano d'appoggio in modo che risulti debitamente costipato, per evitare eventuali cedimenti dei singoli pezzi.

Alla base dell'elemento posto a quota inferiore, ossia al margine con il fosso di guardia, qualora non esista idonea opera muraria di ancoraggio, l'Impresa deve provvedere a infiggere nel terreno 2 tondini di acciaio  $\varnothing 24$ , della lunghezza minima di 80 cm. Il tratto infisso nel terreno deve essere almeno di cm 60, in modo che i tondi sporgano di circa 20 cm. Analoghi ancoraggi devono essere collocati ogni tre embrici in modo da impedire lo slittamento degli elementi. La sommità degli scivoli che si dipartono dal piano viabile deve risultare raccordata con la pavimentazione e con l'arginello mediante apposito imbocco in calcestruzzo gettato in opera o prefabbricato con  $R_{ck} > 25 \text{ N/mm}^2$ .

La sagomatura dell'invito deve essere configurata in modo che l'acqua non abbia alcun impedimento nel defluire.

#### Controlli

Per il calcestruzzo e l'acciaio utilizzati nei manufatti realizzati in opera il controllo deve essere eseguito secondo quanto previsto nel D.M. 14/01/08

Per gli elementi prefabbricati in C.A.V. la Direzione Lavori deve verificare le caratteristiche attraverso i certificati rilasciati dal produttore in osservanza alle norme tecniche di cui al D.M. 14/01/08

Le griglie ed i chiusini devono essere accompagnati da certificato rilasciato da laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che attesti la conformità alle norme UNI-EN 124.

#### Tubazioni

I tubi in P.V.C. saranno del tipo pesante per fognature e rispondenti alle norme UNI 7443/85, tipo 303/2; la giunzione dei pezzi avverrà con mastici adatti ed i raccordi di immissione o i raccordi in curva saranno realizzati con pezzi speciali. I tubi in P.V.C. saranno posati in opera alle livellette e piani stabiliti dalla dd.ll. sulla base delle specifiche tecniche contenute negli elaborati progettuali esecutivi.

I tubi in PEAD corrugato sono del tipo a doppia parete per fognature non in pressione SN4 o SN8. I tubi in polietilene ad alta densità corrugato a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, secondo UNI 10968, classe di rigidità  $SN4 = 4 \text{ KN/m}^2$  o  $SN8 = 8 \text{ KN/m}^2$ , con marchio di conformità di prodotto rilasciato secondo UNI CEI EN 45011 da Istituto o Ente riconosciuto e accreditato Sincert, sono forniti in barre di lunghezza da m 6,0 o m 12,0 con giunzioni costituite da appositi manicotti di raccordo e o bicchiere ed anelli elastomerici, fornite e poste in opera in un letto di

sabbia o ghiaietto, se in presenza di acqua, dello spessore minimo di cm 15 + 1/10 del diametro del tubo, con un rinfiacco e ricoprimento con sabbia fine e asciutta dello stesso spessore del piano di posa.

#### **Art.96. Pali trivellati in calcestruzzo armato**

Le perforazioni per l'esecuzione di pali gettati in opera o di micropali saranno eseguite con macchinario idoneo a rotazione o rotopercolazione anche con l'impiego di aria o acqua a getto.

Nel caso di attraversamento di terreni sciolti o trovanti in muratura e calcestruzzo ovvero in presenza di falda, la perforazione avverrà con impiego di idoneo rivestimento metallico provvisorio del foro al fine di contenere temporaneamente le pareti laterali; tale rivestimento sarà estratto a lavorazione ultimata.

Nel caso di franamento delle pareti del foro, l'Impresa ha l'obbligo di riproforare più volte sino a dare la lavorazione idonea per le successive fasi di lavorazione.

Prima dell'inserimento delle armature, l'Impresa avrà cura di pulire con getto di aria le pareti del perforo. Le materie provenienti dagli scavi saranno portati a discarica a cura dell'Impresa senza che la stessa pretenda alcun compenso.

Le perforazioni saranno portate ad una profondità pari a quella indicata nel progetto, dette perforazioni saranno eseguite sia in verticale che inclinate ovvero secondo indicazioni prescritte dalla D.L.

Per i pali trivellati su terreno sommerso d'acqua si farà ricorso, per l'attraversamento del battente d'acqua, all'impiego di un rivestimento tubolare di acciaio opportunamente infisso nel terreno di imposta, avente le necessarie caratteristiche meccaniche per resistere agli sforzi ed alle sollecitazioni indotte durante l'infissione anche con uso di vibrator; esso sarà di lunghezza tale da sporgere dal pelo d'acqua in modo da evitare invasamenti e consentire sia l'esecuzione degli scavi che la confezione del palo.

Tale rivestimento tubolare costituirà cassero a perdere per la parte del palo interessata dal battente d'acqua. L'infissione del tubo-forma dovrà, in ogni caso precedere lo scavo.

Nel caso in cui non si impieghi il tubo di rivestimento il diametro nominale del palo sarà pari al diametro dell'utensile di perforazione.

Raggiunta la quota fissata per la base del palo, il fondo dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti di perforazione, melma, materiale sciolto smosso dagli utensili di perforazione, ecc.

L'Appaltatore dovrà predisporre impianti ed attrezzature per la confezione, il trasporto e la posa in opera del conglomerato cementizio, di potenzialità tale da consentire il completamento delle operazioni di getto di ogni palo, qualunque ne sia il diametro e la lunghezza, senza interruzioni.

Nel caso di impiego del tubo di rivestimento provvisorio, l'estrazione dello stesso dovrà essere eseguita gradualmente adottando tutti gli accorgimenti necessari per evitare che si creino distacchi, discontinuità od inclusioni di materiali estranei al corpo del palo.

Le armature metalliche dovranno essere assemblate fuori opera e calate nel foro prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio; nel caso in cui il palo sia armato per tutta la lunghezza, esse dovranno essere mantenute in posto nel foro, sospendendole dall'alto e non appoggiandole sul fondo.

Le armature dovranno essere provviste di opportuni dispositivi distanziatori e centrori atti a garantire una adeguata copertura di conglomerato cementizio sui ferri che sarà di 5 cm.

I sistemi di getto dovranno essere in ogni caso tali da non danneggiare l'armatura né alterarne la posizione, rispetto ai disegni di progetto.

A giudizio della direzione dei lavori, i pali che ad un controllo, anche con trivellazione in asse, risultassero comunque difettosi, dovranno essere rifatti.

Nel prezzo dei pali si intende compensato l'onere per l'esecuzione delle prove di carico su 2 (due) pali.

Le prove di carico saranno effettuate con le modalità previste nel DM14/1/2008.

La D.L. dovrà in contraddittorio con l'Impresa, stabilire in anticipo su quali pali operare la prova di carico, ai fini dei controlli esecutivi.

Per nessun motivo il palo potrà essere caricato prima dell'inizio della prova; questa potrà essere effettuata solo quando sia trascorso il tempo sufficiente perché il palo ed il plinto abbiano raggiunto la stagionatura prescritta.

Come prima indicazioni le prove potranno essere eseguite sulle due spalle, sottoponendo a prova uno dei pali di ognuna delle palificate, utilizzando come contrasto gli altri pali e la struttura della spalla, che dovrà quindi essere gettata prima della prova. Qualora si renda necessario, e in ogni caso ad insindacabile giudizio della D.L., si potrà procedere anche al parziale o totale rinterro della spalla, in modo da fornire il richiesto contrasto per la spinta. Il carico di contrasto dovrà superare del 20% il carico di prova.

Su una delle spalle le prove saranno eseguite su un palo della lunghezza come da progetto. Sulla seconda spalla il palo di prova sarà realizzato con lunghezza maggiore di quella di progetto, in modo da intestarsi nella argille di base riproducendo uno schema geotecnico analogo a quello delle pile. La lunghezza di tale palo di prova sarà di 30m a meno di diversa indicazione della D.L..

Il martinetto idraulico da impiegare dovrà consentire di mantenere invariata la pressione del fluido per il tempo necessario alla prova; il manometro avrà una scala sufficientemente ampia in relazione ai carichi da raggiungere.

Il manometro ed i flessimetri verranno preventivamente tarati e sigillati presso un Laboratorio ufficiale, con relative curve di taratura.

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50mm, disposti a  $\approx 120^\circ$  intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

La Direzione dei Lavori si riserva, a prove di carico ultimate, di ricontrollare la taratura del manometro e dei flessimetri.

Il carico finale verrà realizzato con incrementi successivi ed eguali.

Le modalità di applicazione e durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e scarico saranno prescritte dalla Direzione dei Lavori. Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data ed ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed il diagramma carichi-cedimenti.

Il palo di prova sarà preparato mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e realizzazione sulla testa del palo di una superficie liscia e regolare.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

Poiché sarà sottoposto a prova uno dei pali della palificata, sarà necessario predisporre uno schema di prova che consenta, al termine della prova stessa, di ristabilire la situazione e i collegamenti strutturali come da progetto.

Solo come indicazione generale, da sviluppare nel dettaglio in fase costruttiva, viene indicato il seguente schema esecutivo.

- 1) scapitozzatura del palo di prova fino a 1m al di sotto della quota di fondo scavo (coincidente con l'intradosso del magrone);
  - 2) taglio delle barre di attesa del palo di prova sino alla quota di fondo scavo (coincidente con l'intradosso del magrone) per scollegare il palo di prova dal plinto di fondazione (il cui getto avverrà in fase 4);
  - 3) taglio di 5 barre del palo di prova, per ulteriori 70cm al di sotto della quota di intradosso magrone, così da realizzare (sul lato esterno) un'asola di ampiezza pari a  $b=50\text{cm}$  x  $h=70\text{cm}$  e consentire l'inserimento dei martinetti;
  - 4) getto del plinto di fondazione previa introduzione, nel plinto stesso prima del getto, di 6 tubi verticali in lamiera corrugata  $\varnothing 200\text{mm}$  al di sopra del palo di prova e per tutto lo spessore del plinto;
- Esecuzione della prova di collaudo
- 5) saldatura di n.5 barre  $\varnothing 24$  ( $L=2.00\text{m}$ ) ai 30cm restanti dei ferri tagliati in fase 3;

- 6) inserimento di n.6 barre  $\varnothing 24$ , di lunghezza pari a 2.40m, in ciascuno dei 6 tubi alloggiati nel plinto al di sopra del palo di prova, così da ricostituire la continuità palo di prova-plinto;
- 7) getto della testa del palo fino all'intradosso del plinto;
- 8) intasamento dei tubi corrugati con betoncino autocompattante antiritiro ad alta resistenza (Rck 55 MPa).

Le suddette indicazioni sono da intendersi di massima e potranno variare in funzione delle effettive esigenze di cantiere e delle modalità ed effettive caratteristiche della prova.

Prima dell'inizio dei lavori di fondazione l'impresa dovrà presentare e sottoporre all'approvazione della D.L. un progetto dettagliato che illustri le modalità di contrasto, di carico e i criteri di esecuzione della prova oltre che i dettagli del ripristino del collegamento strutturale tra palo di prova e spalla.

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'Art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 e quindi al D.M. 14/01/08.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. 14/01/08.

### **Art.97. Ancoraggi: materiali, componenti e tecnologie costruttive**

Gli acciai devono essere conformi alle specifiche disposizioni legislative relative agli acciai da c.a.p. in vigore.

Gli apparecchi di testata devono essere conformi alle disposizioni dell'allegato B della circolare Ministero LL.PP. n. 27996 del 31.10.1986 ed eventuali aggiornamenti.

I cementi utilizzati dovranno soddisfare ai requisiti previsti dalla L. 595/65 ed elencati nella Norma UNI ENV 197-1. Devono essere utilizzati solo cementi con contenuto totale di cloro inferiore allo 0,05% del peso del cemento e contenuto totale di zolfo inferiore allo 0,15 % del peso del cemento al fine di evitare il pericolo di corrosione sotto tensione.

L'idoneità del cemento deve essere certificata dal fabbricante.

Il controllo di tutti i parametri indicati va eseguito nella fase di messa a punto della miscela di iniezione. Una volta stabilita la miscela il controllo di tutti i parametri indicati va eseguito nella fase di messa a punto della miscela di iniezione. Una volta stabilita la miscela idonea, di cui sarà redatto il verbale, la stessa dovrà essere impiegata senza modifiche, ed in tal caso sarà sufficiente controllare la fluidità ad ogni impasto e la sua essudazione all'inizio di ogni giornata lavorativa o comunque ogni 50 tiranti.

Il valore della fluidità riscontrato durante i lavori potrà al massimo discostarsi di  $\pm 5$  secondi da quello misurato sulla miscela iniziale e verbalizzato.

Se, in occasione dei controlli, anche soltanto una delle due prove fornisce risultati non conformi a quanto prescritto, le iniezioni devono essere sospese e possono riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela dalle idonee caratteristiche.

Le caratteristiche dei condotti di iniezione devono essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- Devono essere collaudati per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1.5 e comunque avere una pressione di scoppio non inferiore a 1Mpa (10 Kg/cm<sup>2</sup>)
- Devono presentare i seguenti diametri interni minimi:
  - Per miscele speciali: diametro minimo 8 mm.
  - Per miscele cementizie composte da acqua e cemento senza aggiunta di aggregati diametro minimo 9 mm
  - Per miscele cementizie composte da acqua, cemento e aggregati fini diametro minimo 16 mm

La prova di tenuta deve essere eseguita con immissione di acqua su tutta la lunghezza del forno o sulla sola lunghezza di fondazione (perdita massima 1 l/min\*metro\*bar) oppure di miscela di iniezione (perdita massima 0,2 l/min\*metro\*bar) con pressione minima 1 bar.

Nei terreni sciolti o coesivi la prova va eseguita esclusivamente con miscela di iniezione, è consentito inserire immediatamente il tirante nel foro, senza necessità di lavaggio.

Nel caso di esito negativo va comunque prevista, dopo la bonifica della zona con iniezioni, la riperforazione.

L'intercapedine fra armatura e terreno circostante deve essere intasata con miscela cementante, operando a semplice circolazione, oppure con forzamento a pressione.

La pressione di iniezione, normalmente limitata a 25 KPa (0,26 bar) per metro di profondità può essere spinta a valori maggiori fino all'80% del carico litostatico del terreno circostante, purché sotto controllo strumentale.

La funzionalità dell'apparecchiatura di tesatura (pompa, collegamenti elettro-idraulici, martinetti) e l'affidabilità della strumentazione di controllo (manometri) devono essere verificate a ogni turno di lavoro, oppure quanto si riscontrino anomalie nella tesatura.

In particolare il cantiere deve essere dotato di un manometro campione (debitamente tarato presso un laboratorio ufficiale in data non anteriore a 6 mesi) con la possibilità di montaggio sulla pompa in parallelo con un manometro di servizio.

La tesatura del tirante deve poter procedere in conformità al programma di progetto (gradini di carico, tempi, misure e registrazioni, bloccaggio) con una tolleranza del  $\pm 5\%$  rispetto ai valori nominali.

L'installazione ed il collaudo dei tiranti di ancoraggio dovranno avvenire comunque secondo quanto stabilito nelle relative raccomandazioni A.I.C.A.P. di cui il direttore dei lavori dovrà avvalersi nella condotta delle opere da eseguire.

### Art.98. Gabbioni metallici

I muri a gabbioni possono essere realizzati per qualsiasi altezza e sono costituiti da gabbioni metallici di qualsiasi tipo e dimensione. Se necessario può essere posto in opera a tergo uno strato filtrante in geotessile per evitare la riduzione della capacità drenante dovuta a possibili intasamenti da parti fini limo-argillose.

I gabbioni devono essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, in accordo con le UNI 8018. La maglia deve essere tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI 3598 per le caratteristiche meccaniche e UNI 10218 per le tolleranze sui diametri) avente carico di rottura compreso fra 38 e 50 Kg/mm<sup>2</sup> e allungamento minimo pari al 12%, a forte zincatura conforme a quanto previsto dalla Circolare del Consiglio Superiore LL.PP. n. 2078 del 27.8.1962, con un quantitativo minimo di zinco variabile fra 240 e 275 g/m<sup>2</sup> in funzione dei diametri del filo. La rete deve avere maglie uniformi ed il perimetro rinforzato. Il filo da impiegarsi nelle cuciture e per i tiranti deve possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi sono costituiti acciaio a forte zincatura con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 kg/m<sup>2</sup>.

I diametri dei fili e le caratteristiche fisico-meccaniche della rete (ASTM A-975-97) sono riportati in Tabella 98.1:

Maglia mm	Diametro filo della rete mm	Diametro filo di rinforzo mm	Diametro filo per cuciture e tiranti mm	Resistenza longitudinal e alla torsione kN/m	Resistenza Perpendicol are alla torsione kN/m	Resistenza stringitura kN/m	Resistenza al punzonamento kN
6 x 8	2.7	3.4	2.2	46	20	17	23
8 x 10	2.7	3.4	2.2	42	20	17	23
8 x 10	3.0	3.9	2.4	51	26	20	26

Il filo da impiegare nelle cuciture deve avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e comunque non deve avere diametro inferiore a 2,20 mm. Le cuciture devono essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere. Le cuciture più importanti normalmente devono essere effettuate passando un filo continuo dentro ogni maglia e con un doppio giro ogni 25-30 cm.

Per gabbioni in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, deve essere rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0,4-0,6 mm.

Il materiale da usarsi per il riempimento dei gabbioni può essere costituito da ciottoli di fiume o pietrame di cava, di composizione compatta, sufficientemente duro, con peso specifico non inferiore a 2000 Kg/m<sup>3</sup>, non friabile, né gelivo e di dimensioni comprese fra il 100 ed il 150% della maggiore dimensione della maglia della rete e con assortimento tale da realizzare il maggior costipamento possibile. Non può impiegarsi pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera viene a contatto.

Il pietrame deve essere assestato dentro l'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile, ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista devono essere lavorate con le stesse modalità della muratura a secco (l'indice di porosità del gabbione deve essere compreso tra 0,3 e 0,4).

Preliminarmente l'impresa deve procedere alla regolarizzazione del piano di posa, quindi al posizionamento degli elementi collegandoli tra loro mediante cuciture.

Le operazioni di preparazione e assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura, o con punti metallici, devono essere tali da creare una struttura continua e collaborante.

Durante il riempimento devono essere posti in opera i previsti tiranti, costituiti da un unico spezzone di filo avente le stesse caratteristiche di quello usato per le cuciture, fissato alla rete di pareti adiacenti od opposte dell'elemento. La chiusura degli elementi deve effettuarsi mediante cuciture, come indicato in precedenza. Dopo la chiusura degli elementi, la rete delle pareti e del coperchio deve risultare ben tesa e con i filoni dei bordi tra di loro a contatto, evitando attorcigliamenti.

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare alla Direzione Lavori per ogni partita ricevuta in cantiere i certificati rilasciati dal Produttore dei gabbioni metallici che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle caratteristiche indicate nel progetto.

L'Impresa deve altresì fornire per il pietrame di riempimento dei gabbioni, certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale e le cave di provenienza. Le caratteristiche fisiche del pietrame devono essere accertate seguendo le norme per la determinazione della massa volumica dei granuli (CNR 63/78), per la determinazione della gelività (CNR 80/80) e per la determinazione del coefficiente di imbibizione (CNR 137/92).

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo sui materiali da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

## **Art.99. Opere in verde**

Comprendono interventi con tecniche di ingegneria naturalistica raggruppabili nelle categorie funzionali:

- opere di semina e rivestimento
- interventi stabilizzanti
- lavori di consolidamento
- barriere e muri vegetativi

Si tratta di un settore specifico in continua evoluzione tecnologica di cui si richiamano gli argomenti di più diffusa applicazione al settore stradale. Conseguentemente fanno parte integrante del presente Capitolato tutti gli specifici elaborati di progetto relativi alle opere in verde, comprese le relazioni illustrative.

### Materiali costituenti

#### *Terreno vegetale*

Il materiale da impiegarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali per il ricarico, la livellazione e la ripresa di aree comunque destinate a verde, dovrà

essere terreno vegetale, proveniente da scotico di terreno a destinazione agraria, da prelevarsi fino alla profondità massima di 1,00 m.

Qualora il prelevamento della terra venga fatto da terreni naturali non coltivati, la profondità sarà limitata al primo strato di suolo esplorato dalle radici delle specie a portamento erbaceo (di norma non superiore a 0,50 m) ossia a quello spessore ove la presenza di humus e le caratteristiche fisico-microbiologiche del terreno permettono la normale vita dei vegetali.

Il terreno vegetale dovrà essere a reazione neutra, risultare sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea od arbustiva permanente: esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

#### *Materiale vegetale*

E' costituito da piante esemplari (alberi, arbusti e cespugli di grandi dimensioni, nell'ambito della propria specie con particolare valore ornamentale per forma e portamento) e da piante con particolari caratteristiche di crescita o ambientali.

Nel raggruppamento così definito vengono incluse le seguenti piante:

- tappezzanti;
- rampicanti, sarmentose e ricadenti;
- erbacee: annuali, biennali, perenni;
- bulbose, tuberose, rizomatose;
- acquatiche e palustri

#### *Concimi*

Possono essere di tipo ammendante, e cioè costituiti da sostanze sotto forma di composti naturali o di sintesi in grado di modificare le caratteristiche fisiche del terreno; oppure di tipo correttivo, e cioè costituite da prodotti chimici, minerali, organici o biologici capaci di modificare le caratteristiche chimiche del terreno.

#### *Sementi*

Di ottima qualità e rispondenti esattamente a genere e specie richiesta, sempre nelle confezioni originali sigillate munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data di scadenza stabiliti dalle leggi vigenti sulla certificazione E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Eletti).

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi, le sementi devono essere immagazzinate in locali freschi, ben aerati e privi di umidità.

L'eventuale mescolanza delle sementi di diverse specie secondo le percentuali indicate in progetto, se non già disponibile in commercio, dovrà essere effettuata con ogni cura.

Prodotti di pacciamatura Di origine naturale o di sintesi, sono destinati alla copertura del terreno per varie finalità operative, quali il controllo della evapotraspirazione, la limitazione della crescita di essenze infestanti, la protezione da sbalzi termici.

#### Caratteristiche tecniche

I tappeti erbosi dovranno avere caratteristiche rispondenti al progetto e garantire la conformità al momento della ultimazione dei lavori, salvo quanto diversamente specificato dal progetto stesso.

Gli impianti irrigui devono assolvere alle specifiche funzioni previste dagli elaborati di progetto secondo le preventive valutazioni rese necessarie alla loro progettazione; la funzionalità e l'efficacia dovranno rispettare le norme vigenti in materia di sicurezza.

I concimi minerali, organici, misti e complessi devono avere titolo dichiarato secondo le vigenti disposizioni di legge ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica, fatte esclusioni per i letami, per i quali deve essere valutata di volta in volta la qualità e la provenienza.

I fitofarmaci devono essere rispondenti alle normative vigenti, emesse dal Ministero della Sanità.

Il materiale vegetale deve provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.6.1931 e 22.5.1973 n. 269 e successive modificazioni e integrazioni. L'impresa deve dichiararne la provenienza con relativa certificazione varietale e fitosanitaria alla Direzione Lavori.

L'Impresa sotto la sua piena responsabilità può utilizzare piante non provenienti da vivaio e/o di particolare valore estetico unicamente se indicate in progetto e/o accettate dalla Direzione Lavori. In

particolare l'Impresa deve aver cura che le zolle e le radici delle piante che non possano essere immediatamente messe a dimora non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

Gli alberi devono presentare portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste dal progetto e tipici della specie, della varietà e della età al momento della loro messa a dimora e devono essere stati specificatamente allevati per il tipo di impiego previsto (es. alberate stradali, filari, esemplari isolati o gruppi, ecc.).

Gli alberi devono corrispondere alle richieste del progetto secondo quanto segue:

- altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- altezza di impalcatura: distanza intercorrente fra il colletto e il punto di inserzione al fusto della branca principale più vicina;
- circonferenza del fusto: misurata a un metro dal colletto;
- diametro della chioma: dimensione rilevata in corrispondenza della prima impalcatura per le conifere, a due terzi dell'altezza totale per tutti gli altri alberi;
- caratteristiche di fornitura: a radice nuda, in contenitore, in zolla.

Le piante con particolari caratteristiche di crescita o assimilabili devono rispondere alle specifiche indicate in progetto per quanto attiene tipo, specie, caratteristiche vegetative e di fornitura.

Gli arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, non devono avere portamento "filato", devono rispondere alle specifiche indicate in progetto per quanto riguarda altezza, numero delle ramificazioni, diametro della chioma.

L'altezza totale deve essere rilevata analogamente a quella degli alberi. Il diametro della chioma deve essere rilevato alla sua massima ampiezza.

Tutti gli arbusti e i cespugli devono essere forniti in contenitori, in zolla o a radice nuda.

Quando, per esigenze di sistemazione fosse richiesto il rapido inerbimento delle superfici a prato (pronto effetto) o la costituzione del tappeto erboso per propagazione di essenze prative stolonifere, l'Impresa deve fornire piante, zolle e/o strisce erbose costituite con le specie prative richieste nelle specifiche di progetto (es. cotica naturale, miscuglio di graminacee e leguminose, prato monospecie, ecc..)

Prima di procedere alla fornitura l'impresa deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori campioni del materiale che intende fornire; analogamente, nel caso fosse richiesta la cotica naturale, l'Impresa deve prelevare le zolle soltanto da luoghi approvati dalla Direzione Lavori.

L'acqua da utilizzare per l'annaffiamento e la manutenzione non deve contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

#### Modalità esecutive

Le operazioni devono seguire rigorosamente l'ordine imposto in progetto o definito dalla Direzione Lavori in quanto trattasi di interventi da realizzare in rigoroso ordine cronologico predeterminato.

Qualora il terreno all'atto della consegna non fosse idoneo alla realizzazione dell'opera, i preliminari lavori di pulitura del terreno devono essere eseguiti in accordo con la Direzione Lavori.

L'impresa prima di procedere alla lavorazione del terreno, deve provvedere come da progetto all'abbattimento delle piante da non conservare, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti, all'estirpazione delle ceppaie e allo spietramento superficiale. Queste operazioni saranno da computarsi in base all'Elenco prezzi.

Tutte le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno in tempera, evitando di danneggiare la struttura e di formare suole di lavorazione.

Successivamente ai movimenti di terra e alle lavorazioni del terreno, l'impresa dovrà preparare, sulla scorta degli elaborati progettuali e delle indicazioni della Direzione Lavori, gli scavi necessari alla installazione degli eventuali sistemi di drenaggio e delle opere a rete e le trincee per alloggiare le

tubazioni e i cavi degli impianti tecnici (es. irrigazione, illuminazione, ecc..), le cui linee debbano seguire percorsi sotterranei.

Dopo aver effettuato la lavorazione, l'impresa dovrà incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessari ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la concimazione di fondo nonché somministrare gli eventuali fitofarmaci e/o diserbanti. La delimitazione delle aree da rivestire con manto vegetale o da impegnare con opere a verde e la tipologia di intervento vengono determinate quando le superfici sono pronte per essere sistemate a verde.

Non è consentita la modifica dei piani inclinati degli scavi e dei rilevati che, al collaudo, devono risultare perfettamente regolari.

Particolare cura deve essere posta per la conservazione, lo spostamento ed il recupero delle piante esistenti nella zona, preservando gli strati fertili del suolo sull'area del cantiere.

Devono essere preliminarmente eseguite, con terreno agrario, le eventuali riprese di erosione, profilando le stesse con l'inclinazione fissata dalle modine delle scarpate.

Devono essere individuate le fonti di approvvigionamento di acqua.

Prima di procedere alle operazioni successive, l'impresa deve ottenere l'approvazione della Direzione Lavori che verifichi la rispondenza agli elaborati di progetto ed alle indicazioni impartite.

Le buche ed i fossi per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora.

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'impresa in accordo con gli elaborati di progetto e con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione: in caso contrario dovrà apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato per i prati, e a riempire totalmente le buche e i fossi per gli alberi e gli arbusti.

Dopo aver eseguito le operazioni di pulizia delle terre, le lavorazioni preliminari e gli eventuali movimenti ed apporti di terra, l'impresa dovrà livellare e rastrellare il terreno secondo le indicazioni di progetto per eliminare ogni ondulazione, buca o avvallamento.

La messa a dimora del materiale vegetale dovrà, avvenire in relazione alle quote definite dagli elaborati di progetto, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, internate oltre il livello del colletto.

La messa a dimora delle piante acquatiche e palustri aspetterà le caratteristiche esigenze della specie e varietà secondo quanto definito negli elaborati di progetto e dalle eventuali indicazioni della Direzione Lavori.

Nella formazione dei vari tipi di prati sono compresi tutti gli oneri relativi alla preparazione del terreno, alla semina o alla piantagione e alle irrigazioni.

Le sementi impiegate nella esecuzione dei manti erbosi, siano esse pure o in miscuglio, devono presentare i requisiti legge richiesti in purezza e germinabilità, od essere fornite in contenitori sigillati ed accompagnate dalle certificazioni ENSE.

La formazione dei prati dovrà aver luogo dopo la messa a dimora di tutte le piante (in particolare modo di quelle arboree e arbustive) previste in progetto e dopo la esecuzione degli impianti tecnici delle eventuali opere murarie, delle attrezzature e degli arredi.

Terminate le operazioni di semina o piantagione, il terreno deve essere immediatamente irrigato.

Dopo la preparazione del terreno, l'area sarà seminata con uniformità secondo le indicazioni degli elaborati di progetto o della Direzione Lavori ed eventualmente lavorata a seconda del tipo di manto erboso da realizzare.

La formazione di tappeti erbosi con il metodo della propagazione comprende tutte le operazioni di preparazione agraria del terreno, la divisione delle zolle di specie erbacee stolonifere o rizomatose e le cure colturali, irrigazione compresa, previste negli elaborati di progetto.

Le operazioni da eseguire per la semina effettuata su suolo non rivestito di terra di coltivo comprendono tutte le seguenti operazioni:

- eliminazione di sassi, radici, elementi dannosi o d'intralcio;
- fresatura;
- apporto di correttivi;

- apporto di fertilizzanti;
- esecuzioni della semina;
- apporto di prodotti di fissaggio;
- apporto di prodotti di protezione.

L'impresa eseguirà tutte quelle operazioni previste dagli elaborati di progetto o indicati dalla Direzione Lavori.

La formazione di manti erbosi con zolle precoltivate comprende tutti i lavori di preparazione agraria del substrato d'impianto, la messa a dimora delle zolle erbose e le lavorazioni successive, compresa l'irrigazione, che ne favoriscano l'attecchimento, secondo quanto previsto dagli elaborati di progetto.

Nel caso debbano essere collocate su terreni in pendio o su scarpate, le zolle erbose dovranno essere anche adeguatamente fissate al suolo come da prescrizione di progetto o da indicazioni della Direzione Lavori.

Gli inerbimenti e le piantagioni delle scarpate e dei terreni in pendio comprendono tutte le lavorazioni del terreno e le operazioni di semina o piantagione con specie caratterizzate da un potente apparato radicale e adatto a formare una stabile copertura vegetale secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto.

Nelle zone dove potrebbero verificarsi danni causati da animali domestici o selvatici oppure dal transito di persone e automezzi, l'impresa dovrà proteggere, singolarmente o in gruppo, le piante messe a dimora con opportuni ripari (es. reti metalliche, protezioni in ferro o in legno, griglie, ecc..) e/o sostanze repellenti previste dagli elaborati di progetto o precedentemente concordati ed approvati dalla Direzione Lavori.

Se è previsto dal progetto, alcuni tipi di piante (tappezzanti, piccoli arbusti, ecc..) dovranno essere protette dai danni della pioggia battente, dalla essiccazione e dallo sviluppo di erbe infestanti per mezzo di pacciami (paglia, foglie secche, segatura, cippatura di ramaglia e di corteccia di conifera, ecc..) od altro analogo materiale precedentemente approvato dalla Direzione Lavori.

#### Avviamento all'esercizio

Le obbligazioni contrattuali dell'impresa non si esauriscono con la messa a dimora delle essenze prative, arbustive e arboree, ma richiedono un ulteriore periodo di interventi finalizzati ad un completo attecchimento delle varie specie vegetali.

La durata della garanzia di mantenimento viene inserita nelle previsioni di progetto o di appalto; oppure, in difetto di indicazioni progettuali, verrà definita dalla Direzione Lavori in rapporto alla specifica tipologia dell'opera.

Il tempo di garanzia dopo il termine dei lavori di messa a dimora non può essere inferiore al periodo necessario per la prima vegetazione dopo l'installazione delle essenze.

Durante il periodo di concordato garanzia l'impresa dovrà procedere, anche per le eventuali piante preesistenti, interventi programmati di manutenzione comprendenti le seguenti operazioni:

- irrigazione
- ripristino conche e ricalzo
- falciatura, diserbi e sarchiature
- concimazioni
- potature
- eliminazione e sostituzione delle piante morte
- rinnovo delle parti difettose dei tappeti erbosi
- difesa della vegetazione infestante
- sistemazione dei danni causati da erosione
- ripristino della verticalità delle piante
- controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere

La manutenzione delle opere dovrà aver inizio immediatamente dopo la messa a dimora (o la semina) di ogni singola pianta e di ogni parte di tappeto erboso, e dovrà continuare fino alla scadenza del periodo di garanzia concordato.

L'impresa è tenuta ad irrigare tutte le piante messe a dimora e i tappeti erbosi realizzati per il periodo di garanzia concordato.

Le conche di irrigazione eseguite durante i lavori di impianto devono essere, se necessario, ripristinate. A seconda dell'andamento stagionale, delle zone climatiche e delle caratteristiche di specie, l'impresa provvederà alla chiusura delle conche e al ricalzo delle piante, oppure alla riapertura delle conche per l'innaffiamento.

Oltre alle cure colturali normalmente richieste, l'Impresa deve provvedere, durante lo sviluppo delle specie prative e quando necessario, alle varie falciature del tappeto erboso.

L'eventuale impiego di diserbanti chimici deve attenersi alle normative vigenti.

Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, ecc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

Le concimazioni devono essere effettuate nel numero e nelle quantità stabilite dal piano di concimazione.

Le potature di formazione e di rimanda devono essere effettuate nel rispetto delle caratteristiche delle singole specie.

Le eventuali piante morte devono essere sostituite con altre identiche a quelle fornite in origine; la sostituzione deve, in rapporto all'andamento stagionale, essere inderogabilmente effettuata nel più breve tempo possibile dall'accertamento del mancato attecchimento.

E' obbligo dell'Impresa dover riseminare o piantare ogni superficie a tappeto erboso che presenti una crescita irregolare, difettosa, che non rientri nei limiti di tolleranza previsti per la qualità dei prati.

Durante l'operazione di manutenzione l'Impresa deve estirpare, salvo diversi accordi con la Direzione Lavori, le specie infestanti e reintegrare lo stato di pacchiame, quando previsto dal progetto.

### Controlli prestazionali

I controlli finali si differenziano in funzione del tipo di opera a verde, pur essendo comunemente rivolti ad accertare l'attecchimento al 100% di tutte le specie vegetali: tappeti erbosi, arbusti, alberi.

L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 90 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla dimora, le piante si presentino sane ed in buono stato vegetativo.

Dopo il termine suindicato la Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Impresa, procederà alla analitica rilevazione di stato delle opere in verde; soltanto in caso di verifica di completo attecchimento la Direzione Lavori potrà disporre lo sblocco delle garanzie contrattuali prestate dall'impresa.

In casi controversi la Direzione Lavori potrà imporre all'impresa di ampliare, senza alcun compenso aggiuntivo, il periodo di garanzia e la contestuale attività manutentoria per un ulteriore ciclo vegetativo.

Dopo 90 giorni dall'inizio della seconda vegetazione successiva alla dimora la Direzione Lavori procederà, sempre in contraddittorio con l'Impresa, alla verifica finale di attecchimento. In tale seconda occasione la Direzione Lavori dovrà decidere in via definitiva se accettare l'opera a verde o applicare motivate detrazioni.

Le garanzie prestate dall'impresa vanno conseguentemente sbloccate, in tutto o in parte, dopo la verifica al secondo ciclo vegetativo, che viene quindi a costituire il limite temporale ultimo di accettazione o ripulsa delle forniture e dei lavori.

Fino alla ultimazione delle verifiche rituali di attecchimento l'impresa dovrà proseguire l'azione manutentoria mediante i seguenti adempimenti primari:

- dovrà provvedere alla sistemazione dei danni causati da erosione per difetto di esecuzione degli interventi di sua specifica competenza e quindi non dovuti a danni di forza maggiore;
- è tenuta al ripristino della verticalità e degli ancoraggi delle piante qualora se ne riconosca la necessità;
- dovrà controllare le manifestazioni patologiche sulla vegetazione delle superfici sistemate provvedendo alla tempestiva eliminazione dei fenomeni patogeni onde evitarne la diffusione e rimediare ai danni accertati.

L'impresa cesserà dalle suindicate obbligazioni soltanto dopo l'emissione degli atti di verifica finale di attecchimento.

### **Art.100. Barriere di sicurezza**

Per le barriere stradali di sicurezza la normativa di riferimento è la seguente:

- D.M. LL.PP. 18 febbraio 1992, n. 223, "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. LL.PP. 15 ottobre 1996, "Aggiornamento del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. LL.PP. 3 giugno 1998, "Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione";
- D.M. 4 maggio 1990, "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali";
- Decreto 21 giugno 2004 "aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale".
- Direttiva 25 agosto 2004 Ministero delle Infrastrutture e trasporti "criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali"

A seconda della loro destinazione ed ubicazione le barriere si dividono nei seguenti tipi:

- barriere centrali di spartitraffico;
- barriere per bordo stradale, in rilevato o scavo;
- barriere per opere d'arte, ponti, viadotti, sottovia, muri ecc.;
- barriere per punti singolari quali zone di approccio opere d'arte, ostacoli fissi e simili.

Il progettista delle applicazione dei dispositivi di sicurezza di cui all'art. 2 del D.M. 223/92 nel prevederà la protezione dei punti previsti dall'art. 3 dell'allegato al decreto 21 giugno 2004 del Ministero Infrastrutture e Trasporti, in particolare:

margini delle opere d'arte quali ponti, viadotti, muri di sostegno, indipendentemente dalla loro estensione e dall'altezza dal piano campagna;

lo spartitraffico ove presente;

il margine laterale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 m; la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (presenza di edifici, strade, ferrovie, depositi di materiale pericoloso o simili)

gli ostacoli fissi che potrebbero costituire pericolo per gli utenti della strada in caso d'urto (pile di ponti, alberature, pali di illuminazione)

La scelta dei dispositivi di sicurezza avverrà tenendo conto della destinazione ed ubicazione delle barriere, del tipo e delle caratteristiche della strada nonché di quelle di traffico cui la stessa sarà interessata:

TIPO DI STRADA	TIPO DI TRAFFICO	BARRIERE SPARTI TRAFFICO	BARRIERE BORDO LATERALE	BARRIERE BORDO PONTE
AUTOSTRAD E STRAD E EXTRAURBANE PRINCIPALI (A) (B)	I II III	H2 H3 H3-H4	H1 H2 H2-H3	H2 H3 H3-H4
STRADE EXTRAURBANE SECONDARIE ( C ) E STRADE URBANE DI SCORRIMENTO (D)	I II III	H1 H2 H2	N2 H1 H2	H2 H2 H3
STRADE URBANE DI QUARTIERE (E) E STRADE LOCALI (F)	I II III	N2 H1 H1	N1 N2 H1	H2 H2 H2

L'impresa è tenuta ad installare dispositivi di ritenuta omologati dal competente ufficio del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

Per le sole tipologie di barriere per le quali non siano state ancora emanate le circolari previste dall'art. 9 del D.M. 18/2/1992 n. 223 (esistenza di almeno due barriere della stessa tipologia omologate) si dovrà richiedere la rispondenza dei dispositivi alle norme UNI EN 1317, richiedendo rapporti di crash test rilasciati da compi prova dotati di certificazione secondo le norme UNI EN 17025.

Conformità dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali e loro installazione

Tutti i componenti di un dispositivo di ritenuta devono avere adeguata durabilità mantenendo i loro requisiti prestazionali nel tempo sotto l'influenza di tutte le azioni possibili.

All'atto dell'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali, le caratteristiche costitutive dei materiali impiegati dovranno essere certificate mediante prove di laboratorio. L'impresa è tenuta a fornire dichiarazione di conformità del produttore alle relative specifiche tecniche di prodotto (caratteristiche costruttive descritte nel progetto prototipo allegato ai certificati di omologazione).

Le barriere installate dovranno essere identificate su strada ed identificati attraverso opportuno contrassegno, da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 m) e riportante la denominazione della barriera o del dispositivo omologato, il numero di omologazione ed il nome del produttore.

Alla fine della posa in opera dei dispositivi, dovrà essere effettuata una verifica in contraddittorio da parte della ditta installatrice, nella persona del suo Responsabile Tecnico, e da parte del committente, nella persona del direttore dei lavori anche in riferimento ai materiali costituenti il dispositivo. Tale verifica dovrà risultare da un certificato di corretta posa in opera sottoscritto dalle parti.

## **Art.101. Segnaletica orizzontale e caratteristiche delle vernici**

La segnaletica orizzontale dovrà risultare omogenea e di uniforme intensità luminosa, priva di sbavature e ben allineata. Tali caratteristiche dovranno essere mantenute per un periodo di almeno dieci mesi.

Nel caso venissero riscontrati difetti in tale periodo, la D.L. ordinerà all'Impresa di eseguire i necessari rifacimenti.

### Caratteristiche generali della vernice

La vernice rifrangente deve essere del tipo premiscelata e cioè contenere sfere di vetro mescolate durante il processo di fabbricazione, così che dopo la stessa, l'essiccamento e la successiva esposizione delle sfere di vetro dovuta all'usura dello stato superficiale, la striscia orizzontale dello spartitraffico svolge funzioni di guida nelle ore notturne agli autoveicoli sotto l'azione della luce dei fari.

Deve essere già pronta all'uso, di consistenza adatta per lo spruzzo ed idonea come guida rifrangente di traffico su pavimentazioni stradali e dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche e composizione:

- Veicolo: a base di resina oleo-sintetica in combinazione con polimeri ad essiccazione fisica.
- Pigmento totale:35%; con biossido di titanio nella misura del 14% o cromato di pb nella misura del 10%.
- Residuo solido secco: minimo 75%.
- Perline in peso nella misura compresa tra il 30% ed il 40%.

### Condizioni di stabilità

Per la vernice bianca il pigmento colorante sarà costituito da biossido di titanio o senza aggiunta di ossido di zinco, e per quella gialla da cromato di piombo.

Il veicolo deve essere costituito da resina a base di oleo-sintetica in combinazione con polimeri ad essiccazione fisica.

La vernice dovrà essere omogenea ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare croste né diventare gelatinosa ed ispessirsi.

La vernice dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficoltà mediante l'uso di una spatola e dimostrare le caratteristiche di resistenza in ogni momento entro sei mesi dalla data di consegna.

La vernice non dovrà assorbire i grassi, olii ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di nessun tipo e la sua composizione chimica dovrà essere tale, anche durante i mesi estivi, da non dover presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose.

Il potere coprente della vernice dovrà essere compreso tra 1,2 e 1,5 m<sup>2</sup>/Kg. (A.S.T.M. - D 1738) ed il suo peso specifico non dovrà essere inferiore a Kg. 1,5 per litro a 25° C. (A.S.T.M. - D 1473).

### Caratteristiche delle sfere di vetro

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità di bolle d'aria e, almeno per il 90 per cento del peso totale, dovranno avere forma sferica, con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 usando la determinazione il metodo della immersione con luce al tungsteno.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide temperate a 5-5,3 o di soluzioni normali di cloruro di calcio o di sodio.

La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice premiscelata dovrà essere compresa fra il 30 ed il 40 per cento.

Le sfere di vetro (premiscelate) dovranno soddisfare complessivamente alle seguenti caratteristiche di granulometria:

- setaccio A.S.T.M.% in peso
- Perline passanti per setaccio n.70 = 100%
- Perline passanti per il setaccio n.140 = 15-55%

Perline passanti per il setaccion.230 = 0-10%

#### Idoneità di applicazione

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta.

Potrà essere consentita l'aggiunta di piccole quantità di diluente fino al massimo del cinque per cento in peso.

#### Tempo di essiccamento

La vernice, quando applicata a mezzo di normali macchine spruzzatrici sulla pavimentazione bituminosa, in condizioni normali dovrà asciugarsi entro 15 minuti dalla applicazione; trascorso tale periodo di tempo, la vernice non dovrà staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote di gomma degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccamento sarà controllato in Laboratorio secondo la norma A.S.T.M. - D/711-55.

#### Viscosità

La vernice dovrà avere una consistenza tale da potere essere agevolmente spruzzata con le normali macchine traccia linee; tale consistenza misurata allo Stormer - Viscosi - meter a 25° C., espressa in unità Krebs, sarà compresa fra 70 e 90 (A.S.T.M. - D 562).

La vernice che cambi consistenza entro sei mesi dalla consegna sarà considerata non rispondente a questo requisito.

#### Colore

La vernice dovrà essere di colore conforme al bianco ed al giallo richiesto.

Le relative tonalità saranno contenute nelle zone del diagramma cromatico individuale dalle coordinate C.I.E. (Circolare del Ministero LL.PP. 6/12/1979, n.2130) e non dovranno essere soggette ad alterazioni.

La determinazione del colore sarà fatta in Laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 4 ore.

La vernice non dovrà contenere alcun colorante organico e non dovrà scolorire al sole.

Quella bianca dovrà possedere un fattore di filtrazione pari almeno al 75% relativa all'ossido di magnesio accertato mediante opportuna attrezzatura.

Il colore dovrà conservarsi nel tempo, dopo l'applicazione.

#### Veicolo

Il residuo non volatile dovrà essere del 75% in peso, sia per la vernice bianca che per quella gialla.

#### Contenuto di pigmento

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 14% in peso e quello del cromato di piombo (vernice gialla) non inferiore al 10% in peso.

#### Resistenza ai lubrificanti e carburanti

La pittura dovrà resistere alla azione di lubrificanti e carburanti di ogni tipo e risultare insolubile ed inattaccabile alla loro azione.

#### Prescrizioni particolari per l'esecuzione della segnaletica orizzontale

Il corretto tracciamento della segnaletica orizzontale per quanto attiene all'impiego di linee continue e discontinue, è stabilito dall'Art.40 del nuovo Codice della Strada e degli Artt. 137 - 155 del Regolamento di Esecuzione, approvato con D.P.R. 16/12/1992 n.495.

Le linee longitudinali pertanto dovranno essere continue e limitatamente al minimo indispensabile in relazione all'andamento piano altimetrico ed alla presenza di intersezioni e innesti e in proposito si fa espresso riferimento alla Circolare sopra richiamata. Ogni esecuzione di linea continua ove non sia necessaria, non sarà contabilizzata e dovrà essere inoltre cancellata a cura e spese dell'appaltatore.

Le linee longitudinali discontinue dovranno essere tracciate come all'Art.138 del Regolamento di esecuzione vigente. Eventuali difformità dovranno essere corrette, a cura e spese dell'Impresa.