

## 5 Misto cementato prodotto in impianto



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 5.1 Misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini

Il misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini è costituito da aggregati vergini impastati con cemento e acqua in impianti centralizzati dotati di opportuni dosatori. Misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. Esso può essere impiegato per strati di fondazione, base o binder in funzione delle disposizioni di progetto secondo le norme UNI EN 14227-1. A protezione dello strato deve essere sempre prevista una mano di impregnazione. È raccomandato uno spessore dello strato superiore a 10 cm e, quando superiore a 20 cm, è consigliata la realizzazione in due strati. Quando utilizzato per strato di fondazione in scavi a sezione ristretta deve essere compattato con idonee attrezzature (compattatore verticale, piastra vibrante o specifici equipaggiamenti) per strati di spessore mai superiore a 25 cm.

Una volta accettato il materiale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

### 5.1.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del misto cementato e sono composti da aggregati grossi, aggregati in frazione unica e aggregati fini.

Gli aggregati grossi, aggregati in frazione unica e aggregati fini possono provenire dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi) o da depositi alluvionali. L'aggregato grosso ( $D > 2$  mm;  $d \geq 1$  mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 59. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 30$	LA <sub>30</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 30$	F <sub>30</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	$\leq 30$	Sl <sub>30</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>

Tabella 59. Caratteristiche dell'aggregato grosso per il misto cementato prodotto in impianto

L'aggregato fine ( $D \leq 6,3$  mm;  $d = 0$  mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 60. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 30	SE <sub>30</sub>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-

Tabella 60. Caratteristiche dell'aggregato fine per isto cementato prodotto in impianto

L'aggregato in frazione unica ( $D > 6,3$  mm;  $d = 0$ ) deve possedere requisiti conformi alle Tabella 59 e Tabella 60.

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 5.1.2 Cemento

Il cemento impiegato deve far parte delle seguenti tipologie:

- CEM I cemento Portland
- CEM II cemento Portland composito
- CEM III cemento d'altoforno;
- CEM IV cemento pozzolanico.

È raccomandato l'uso di cemento a presa rapida 32,5 R o 42,5 R. Le caratteristiche del cemento devono includere la granulometria.

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 5.1.3 Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

### 5.1.4 Miscela di progetto

Per la miscela granulare si raccomanda una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in

Tabella 61 o di seguire la distribuzione di Fuller  $P = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D}\right)^{0,45}$  dove  $P_i$  è il passante al setaccio  $i$ -esimo,  $d_i$  è il setaccio  $i$ -esimo e  $D$  è la dimensione massima. Il fuso  $D_{\max} = 20$  mm è raccomandato per spessori tra 10 e 15 mentre il fuso  $D_{\max} = 30$  mm per spessori tra 15 a 20 cm.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Fuso granulometrico		
Dimensione massima [mm]	Passante totale in peso [%]	
Apertura setacci UNI [mm]	D <sub>max</sub> = 20 mm	D <sub>max</sub> = 30 mm
40	-	100
31,5	100	85 - 100
20	95 - 100	65 - 94
16	-	-
10	55 - 87	44 - 78
4	32 - 66	-
2	23 - 54	18 - 50
0,5	11 - 31	8 - 30
0,25	8 - 23	6 - 22
0,063	3,5 - 11,0	3,0 - 11,0

Tabella 61. Fuso granulometrico in funzione della dimensione massima per il misto cementato prodotto in impianto

La miscela granulare, escluso il cemento, deve avere indice CBR in condizione satura superiore a 50 (UNI EN 13286-47) e un rigonfiamento nullo. Tali valori devono essere dichiarati tra le caratteristiche della miscela.

La granulometria di progetto escluso e incluso il cemento devono essere dichiarate tra le caratteristiche della miscela.

Le percentuali ottimali di acqua e cemento sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio o dovranno comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 62.

**Le caratteristiche del misto cementato prodotto in impianto devono essere determinate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione  $\leq 0,15$  (deviazione standard/media).**

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 4% in peso di cemento, secondo le indicazioni della Tabella 62. La miscela granulare (escluso il cemento) deve essere inumidita con un contenuto di acqua pari all'assorbimento degli stessi aggregati e sigillata per circa 12 ore. I provini con diverso contenuto di acqua e il 4% di cemento devono essere compattati con compattatore Proctor modificato (UNI EN 13286-2, UNI EN 13286-50) secondo i parametri di Tabella 62.

Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica secca della miscela (massa volumica secca  $\rho_d = \frac{\rho_w}{1-w}$ ).

Con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento, come indicato nella Tabella 62.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 25 °C per 7 giorni e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta ( $R_{it}$ , UNI EN 13286-42, gradiente di carico: 0.05 N/mm<sup>2</sup>/s) e a compressione ( $R_c$ , UNI EN 13286-41, gradiente di carico: 1 N/mm<sup>2</sup>/s). Tali provini devono fornire:

- resistenza a trazione indiretta  $R_{it} \geq 0,30$  N/mm<sup>2</sup> (provini su fustella Proctor)
- resistenza a compressione  $R_c = 3,0 - 5,0$  N/mm<sup>2</sup> (provini su fustella CBR senza disco spaziatore).

Sulla miscela ottima si deve determinare la massa volumica secca che costituirà il riferimento per il controllo della densità in sito.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali  
Versione 04-03-2021

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Condizioni di compattazione			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Energia Proctor	[MJ/m <sup>3</sup> ]	UNI EN 13286-2	2,7 (modificata)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 13286-2	150 (ben lubrificata)
Strati	[n]	UNI EN 13286-2	5
Altezza	[mm]	UNI EN 13286-2	120 (ottimo di acqua e R <sub>it</sub> ) 180 fustella CBR (R <sub>c</sub> )
Colpi per strato	[n]	UNI EN 13286-2	56 (ottimo di acqua e R <sub>it</sub> ) 85 (R <sub>c</sub> )
Studio del contenuto ottimo di acqua			
Contenuto di cemento	[% su peso inerti]	4	Densità secca massima $\rho_{dmax}$
Contenuto di acqua	[% su peso inerti]	4, 5, 6 e 7*	
Studio del contenuto ottimo di cemento			
Contenuto di acqua	[% su peso inerti]	ottimo	R <sub>it</sub> ≥ 0,30 N/mm <sup>2</sup> ;
Contenuto di cemento	[% su peso inerti]	3, 4, 5	R <sub>c</sub> = 3,0 - 5,0 N/mm <sup>2</sup>
*se necessario l'intervallo può essere variato al fine di determinare il contenuto ottimo di acqua in corrispondenza del valore massimo di densità secca dal grafico $\rho_d-w$ a "campana"			

Tabella 62. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta, la granulometria della miscela ottima (incluso ed escludendo il cemento) e il contenuto di acqua ottimo.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria e contenuto di acqua eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

### 5.1.5 Produzione della miscela

Il misto cementato è confezionato mediante impianti fissi o mobili (installabili anche in cantiere) automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione dell'impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire l'omogeneità della miscela.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori 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.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

### 5.1.6 Preparazione della superficie di stesa

La stesa del misto cementato avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Ogni depressione o avvallamento presente sul piano di posa deve 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 umidificazione della superficie.

Prima della realizzazione dello strato è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362) per impregnazione così come dettagliato nel paragrafo 9.1.

### 5.1.7 Posa in opera della miscela

La posa in opera del misto cementato è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale deve essere preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del misto cementato dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare una eccessiva essiccazione del prodotto.

La stesa del misto cementato deve avvenire entro un'ora dalla produzione, o in funzione della presa dello specifico cemento usato, in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dalla possibile essiccazione del materiale o presa del cemento. La stesa



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

del misto cementato 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 aggiudicataria dell'appalto.

La compattazione del misto cementato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 20 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in continuità.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non dovranno mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, la sovrapposizione deve avvenire nel minor tempo possibile.

Ultimato il costipamento, lo strato deve essere immediatamente protetto con impregnazione di emulsione bituminosa lenta o media in ragione di 1,0 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo e successivo spargimento di sabbia o filler o graniglia.

Le operazioni devono essere sospese con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

### 5.1.8 Controlli

Il controllo della qualità del misto cementato è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 63 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato grosso	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato fine	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Cemento	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Misto cementato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Contenuto di acqua, contenuto di cemento, granulometria, densità secca e proprietà meccaniche
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Densità secca, spessore
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	M <sub>d</sub> ≥ 100 N/mm <sup>2</sup> a 18±6 ore E <sub>LWD</sub> ≥ 60 MPa dopo compattazione E <sub>LWD</sub> ≥ 120 MPa a 18±6 ore Scostamento (Δ ≤ 5 mm)

Tabella 63. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di misto cementato sfuso sono determinate: il contenuto di acqua, di cemento, la granulometria della miscela (compreso il cemento). Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini (entro due ore dalla produzione o in funzione della presa dello specifico cemento usato) con compattatore Proctor modificato per la verifica dei valori di densità secca,  $R_{it}$  e  $R_c$ .

Lo spessore dello strato viene determinato per differenza tra quota di posa e di superficie.

A discrezione della Direzione Lavori, in alternativa, per la verifica della densità secca, possono essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumetro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

La portanza dello strato può essere verificata a discrezione della Direzione Lavori con prove di piastra statica (CNR 146/1992) o piastra dinamica (ASTM E2583 – 07).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria, contenuto di acqua e granulometria della miscela (incluso il cemento) eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, densità e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il misto cementato sia usato per riprofilatura e sia steso su una superficie non regolarizzata con fresa o motorgrader.

I controlli sono effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

### 5.1.9 Penali

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del misto cementato (preparazione, materiale e stesa).

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del misto cementato e le eventuali penali da applicare fino alla rimozione e ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La curva granulometrica e il contenuto di cemento, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5\%$ ;
- contenuto di cemento: si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$  rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova settimanali, riferiti al prodotto finito, di granulometria della miscela e del contenuto di acqua, eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore comporta il rifiuto del materiale.

Per lo spessore dello strato, determinato da differenza di quota o carotaggio, è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

*Detrazione percentuale per carenza di spessore =  $3 \times (c - 10)$*



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

dove  $c$  rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale è del  $(13 - 10) \cdot 3 = 9$  %. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 10 cm, al di sotto 7,5 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa fresatura di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Nel rispetto delle quote finali di progetto, è valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di binder o usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore rispettivamente a 12 o 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio  $\rho_{d,max}$  misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con compattatore Proctor modificato e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo dinamico  $E_{LWD}$  e il modulo di deformazione  $M_d$  non devono essere inferiore a quanto richiesto nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461



Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

## 6 Misto granulare stabilizzato



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 6.1 Misto granulare stabilizzato con aggregati vergini

Il misto granulare stabilizzato con aggregati vergini è costituito da ghiaie o aggregati vergini di frantumazione in frazione unica. Il misto granulare stabilizzato con aggregati vergini deve essere livellato tramite motorgrader e subito costipato tramite rulli. Esso può essere impiegato per uno strato portante o per regolarizzare il piano di posa di un successivo strato in funzione delle disposizioni di progetto. A protezione dello strato deve essere sempre prevista una mano di impregnazione con emulsione bituminosa a lenta rottura.

La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il misto granulare stabilizzato da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

### 6.1.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del misto granulare stabilizzato e sono composti da aggregati in frazione unica. La designazione dell'aggregato in frazione unica deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 30	LA <sub>30</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 30	FI <sub>30</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 30	SI <sub>30</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA <sub>242</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 30	SE <sub>30</sub>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-

Tabella 69. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per il misto granulare stabilizzato

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 6.1.2 Miscela di progetto

Per la miscela granulare si raccomanda una distribuzione granulometrica ben gradata tale da seguire la distribuzione di Fuller  $P = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D}\right)^{0,45}$  dove  $P_i$  è il passante al setaccio  $i$ -esimo,  $d_i$  è il setaccio  $i$ -esimo e  $D$  è la dimensione massima.

La dimensione massima può essere pari a 40, 30, 25 o 20 mm a discrezione della Direzione Lavori in funzione dello spessore dello strato.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

**Il misto granulare stabilizzato deve avere indice CBR in condizione satura superiore a 50 (UNI EN 13286-47) e un rigonfiamento nullo.** Tali valori devono essere dichiarati tra le caratteristiche della miscela.

La granulometria di progetto deve essere dichiarata tra le caratteristiche della miscela.

La percentuale ottimale di acqua per l'ottenimento del massimo addensamento deve essere stabilito mediante uno specifico studio in laboratorio o deve comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 70.

**Le caratteristiche del misto granulare stabilizzato devono essere determinate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione  $\leq 0,15$  (deviazione standard/media).**

Sulla miscela ottima si deve determinare la massa volumica secca che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

Condizioni di compattazione			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Energia Proctor	[MJ/m <sup>3</sup> ]	UNI EN 13286-2	2,7 (modificata)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 13286-2	150 (ben lubrificata)
Strati	[n]	UNI EN 13286-2	5
Altezza	[mm]	UNI EN 13286-2	120
Colpi per strato	[n]	UNI EN 13286-2	56
Studio del contenuto ottimo di acqua			
Contenuto di acqua	[% su peso inerti]	4, 5, 6 e 7	Densità secca massima
Valutazione della portanza			
Contenuto di acqua	[% su peso inerti]	ottimo	CBR $\geq 50$ Rigonfiamento = 0
Condizione	[giorni di immersione]	4	

Tabella 70. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Il produttore deve inoltre dichiarare la granulometria della miscela ottima e il contenuto di acqua ottimo.

### 6.1.3 Preparazione della superficie di stesa

La stesa del misto granulare avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Ogni depressione o avvallamento presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa.

### 6.1.4 Posa in opera della miscela

La livellazione del misto granulare stabilizzato è effettuata a mezzo di motorgrader o idonea attrezzatura tale da ottenere un piano finito regolare.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Il misto granulare deve essere compattato a contenuto ottimo di acqua  $\pm 2\%$ . Nel caso di materiale troppo asciutto, l'Impresa aggiudicatrice dell'appalto deve provvedere alla opportuna umidificazione del materiale almeno 8 ore della fase di compattazione. Nel caso di materiale troppo bagnato, l'Impresa aggiudicatrice dell'appalto deve provvedere alla opportuna aerazione del materiale o alla sua pre-miscelazione con calce.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante ferro-gomma di almeno 14 tonnellate per spessori inferiori a 30 cm.

Ultimato il costipamento, lo strato deve essere livellato con motorgrader per il rispetto della quota e pendenze di progetto e immediatamente protetto con emulsione bituminosa cationica a rottura lenta di impregnazione in ragione di 1,0 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo e successiva sgranigliatura.

### 6.1.5 Controlli

Il controllo della qualità del misto granulare stabilizzato è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 71 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato in frazione unica	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Misto granulare stabilizzato	Cantiere	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Contenuto di acqua, granulometria, CBR, rigonfiamento
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Densità secca
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	M <sub>d</sub> ≥ 60 N/mm <sup>2</sup> E <sub>LWD</sub> ≥ 80 MPa Scostamento (Δ ≤ 10 mm)

Tabella 71. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di misto granulare stabilizzato sfuso vengono determinate: il contenuto di acqua, CBR in condizione satura, rigonfiamento e la granulometria della miscela.

A discrezione della Direzione Lavori, per la verifica della densità secca possono essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumometro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

La portanza dello strato può essere verificata a discrezione della Direzione Lavori con prove di piastra statica (CNR 146/1992) o piastra dinamica (ASTM E2583 – 07).

Le eventuali irregolarità Δ superficiali devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

### 6.1.6 Penali

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del misto granulare (preparazione, materiale e stesa).



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del misto granulare e le eventuali penali da applicare fino alla rimozione e ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La curva granulometrica, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5\%$ ;

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da differenza di quota o sondaggio, è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove  $c$  rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale è del  $(13 - 10) \cdot 3 = 9\%$ . Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 10 cm, al di sotto 7,5 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di base, binder o usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio  $\rho_{d,max}$  misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con compattatore Proctor modificato e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato,



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo dinamico  $E_{LWD}$  e il modulo di deformazione  $M_d$  non devono essere inferiore a quanto richiesto nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 10 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 7 Strato anticapillare



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 7.1 Materiale arido per strato anticapillare

**Lo strato anticapillare 31/63 di materiale arido ha la funzione di impedire la risalita capillare di acqua proveniente dallo strato di sottofondo, oltre che svolgere la funzione di drenaggio e filtro.**

### 7.1.1 Aggregati

**Lo strato anticapillare è costituito da aggregati in frazione 31/63 G<sub>c</sub> 80-20 con meno del 2% di passante al setaccio 0,063 mm. In alternativa può essere previsto l'uso di aggregati 0/56 con meno del 15% di passante al setaccio 2 mm e meno del 3% di passante al setaccio 0,063 mm o similari.**

Il materiale deve risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, plastici etc.) e da resti vegetali.

L'aggregato in frazione unica ( $D > 6,3$  mm;  $d \geq 0$  mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 75.

La designazione dell'aggregato in frazione unica deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 30$	LA <sub>30</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 2$	f <sub>2</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 2$	F <sub>2</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 30$	FI <sub>30</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	$\leq 30$	SI <sub>30</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	$\geq 70$	SE <sub>70</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>

Tabella 75. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per strato anticapillare

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 7.1.2 Posa in opera

**La lavorazione richiede la livellatura e compattazione dello strato sottostante.**

Lo strato anticapillare deve essere steso, umidificato, livellato e compattato al contenuto di acqua ottimo.

**Per la stesa e la compattazione di tale strato non è ammesso il passaggio diretto dei mezzi d'opera sopra il geotessile non tessuto sottostante.** La compattazione deve avvenire con rullo ferro-gomma statico (per non lacerare il sottostante geosintetico) o rullo gommato di almeno 14 t.

Lo strato deve essere ricoperto da una impregnazione con emulsione cationica a rapida rottura con dosaggio pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>. L'emulsione bituminosa deve essere saturata tramite la stesa con mezzi idonei di filler o sabbia o graniglia a discrezione della Direzione Lavori.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

### 7.1.3 Controlli

il controllo della qualità è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 76 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Anticapillare	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Anticapillare	Cantiere	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Spessore, $M_d > 60 \text{ N/mm}^2$

Tabella 76. Controlli da eseguire per strato anticapillare

### 7.1.4 Penali

Le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del materiale (preparazione, materiale e stesa).

La curva granulometrica, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5 \%$ ;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3 \%$ ;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5 \%$ ;

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da differenza di quota o sondaggio, è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove  $c$  rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale è del  $(13 - 10) \cdot 3 = 9 \%$ . Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 10 cm, al di



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

sotto 7,5 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Nel rispetto delle quote finali di progetto, è valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di base, binder o usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo di deformazione  $M_d$  ( $M_d > 60 \text{ N/mm}^2$  al primo ciclo tra 0,15 e 0,25  $\text{N/mm}^2$ , secondo la C.N.R. 146/1992) non deve essere inferiore a quanto richiesto nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 10 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 8 Applicazioni superficiali



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 8.1 Depolverizzazione con tre strati

Il trattamento superficiale tramite depolverizzazione (UNI EN 12271) consiste nella costruzione in sito di una pavimentazione composta da emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri SBS e da graniglie aventi pezzature omogenee e compenetranti, applicati a strati successivi da macchine automatiche in grado di porre in opera l'emulsione bituminosa ed immediatamente a seguire l'inerte nelle quantità di progetto su percorsi variabili in larghezza, pendenza e direzione. La depolverizzazione consente di ottenere una pavimentazione resistente alle sollecitazioni meccaniche ed atmosferiche, impermeabile e di colore ed aspetto naturale non alterando i valori paesaggistici esistenti (colore prevalente degli inerti) ed in grado di garantire una buona aderenza in funzione delle caratteristiche degli aggregati selezionati. La depolverizzazione deve essere realizzata su uno strato di fondazione opportunamente costruito (con misto granulare stabilizzato o terra stabilizzata a calce e/o cemento o misto cementato) ed impregnato di emulsione bituminosa e può sostituire lo strato di usura quando, per particolari condizioni ambientali e di traffico, ciò venga richiesto.

I materiali impiegati devono essere qualificati in conformità al regolamento (UE) 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità alla rispettiva norma europea armonizzata, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettati i materiali di impiego da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

### 8.1.1 Aggregati

Lo strato di posa deve avere proprietà portanti adeguate al volume e tipo di traffico che interessa la tratta e deve essere risagomato per ridefinire le pendenze e ripristinare la regolarità superficiale.

Per la risagomatura è possibile utilizzare un misto granulare stabilizzato (aggregato in frazione unica) 0/20 o 0/30 di categoria G<sub>A</sub>80 o G<sub>A</sub>85 in funzione delle eventuali depressioni da correggere. Le caratteristiche del misto granulare di risagomatura sono riportate in Tabella 77.

Eventuali lievi non conformità dovute alla difficoltà di reperibilità di aggregati con tali caratteristiche nel territorio, possono essere comunque accettate, a discrezione della Direzione Lavori, a patto che sia sempre e inequivocabilmente garantita la prestazione dell'opera. In alternativa alla fondazione in misto granulare stabilizzato può essere prevista la stabilizzazione in sito a calce e/o cemento o il misto cementato, anche con inerti di recupero, con dosaggi e procedure da stabilire secondo uno specifico studio.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C <sub>100/0</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 25	Fl <sub>25</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 25	Sl <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA <sub>242</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 50	SE <sub>50</sub>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-

Tabella 77. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per fondazione o risagomatura

Gli aggregati grossi ( $D > 2 \text{ mm}$ ;  $d \geq 1 \text{ mm}$ ) per la depolverizzazione devono provenire dalla frantumazione di cava o roccia e devono essere di forma poliedrica, puliti ed esenti da ogni traccia di argilla e materiale contaminante in genere rispondenti alle prescrizioni mostrate in Tabella 78.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione*	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C <sub>100/0</sub>
Passante allo stacco 0,063 mm	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	Fl <sub>20</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 20	Sl <sub>20</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA <sub>242</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE <sub>70</sub>
Resistenza alla levigazione*	UNI EN 1097-8	[-]	≥ 45	PSV <sub>45</sub>

\* La classe LA<sub>20</sub> e la resistenza alla levigazione PSV<sub>45</sub> o PSV<sub>50</sub> (UNI EN 1097-8) possono essere richieste a discrezione della Direzione Lavori per soddisfare requisiti più elevati di resistenza alla frammentazione e al derapaggio

Tabella 78. Caratteristiche dell'aggregato per depolverizzazione

Le classi e i dosaggi di aggregato grosso da impiegare sono riportati in Tabella 79. Possono essere valutate altre pezzature o categorie in funzione della reperibilità sul territorio nel rispetto delle proporzioni e qualità.

Strato	Designazione	Categoria	Contenuto di fine [%]	Dosaggio [l/m <sup>2</sup> ]
Primo	8/12	Gc90/15	≤ 2	9 - 10*
Secondo	8/12	Gc90/15	≤ 2	9 - 10
Terzo	4/8	Gc90/15	≤ 2	6 - 7

\* Può essere richiesta la pezzatura 10/18 e il dosaggio può essere incrementato nel caso sia necessario regolarizzare la spiccata megatesitura del piano di posa (fondazione)

Tabella 79. Aggregati e dosaggi per la depolverizzazione

Occorre precisare che il dosaggio da norma tecnica è orientativo e va aggiustato sul campo in funzione della nonuniformità della tessitura della strada.

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 8.1.2 Emulsione bituminosa

Il legante per l'impregnazione della fondazione sottostante è costituito da emulsione cationica di bitume distillato (designazione secondo UNI EN 13808) nel rispetto dei requisiti mostrati in Tabella 80.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Emulsione bituminosa per impregnazione				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	55 ± 2	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 - 155	3
Bitume residuo				
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 220	5
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 35	8

Tabella 80. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per impregnazione

Il legante per la depolverizzazione può essere costituito da emulsione di bitume tradizionale (Tabella 81) o, per maggiori prestazioni, da emulsione di bitume modificato con polimeri SBS (Tabella 82).

Emulsione bituminosa per depolverizzazione				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	65 ± 2	8
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Adesione	UNI EN 13614	[%]	≥ 90	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 - 155	3
Bitume residuo				
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 43	6

Tabella 81. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per depolverizzazione

Emulsione di bitume modificato per depolverizzazione				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	65 ± 2	8
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Adesione	UNI EN 13614	[%]	≥ 90	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 - 155	3
Bitume residuo				
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 60	2
Coessione a 10°C	UNI EN 13588	[J/cm²]	≥ 2	6
Ritorno elastico	UNI EN 13398	[%]	≥ 75	4

Tabella 82. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per depolverizzazione



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il tipo e il dosaggio dei leganti da utilizzare sono mostrati in Tabella 83.

Strato	Designazione	Dosaggio di emulsione [kg/m <sup>2</sup> ]	Dosaggio di bitume residuo [kg/m <sup>2</sup> ]
Impregnazione della fondazione	C55B3	3,0	1,65
Prima mano	C65B3 o C65BP3	1,5	0,98
Seconda mano	C65B3 o C65BP3	1,5	0,98

\* nel caso di utilizzo di emulsione diversamente diluite deve essere rispettato il relativo dosaggio di bitume residuo

Tabella 83. Emulsioni e dosaggi per la depolverizzazione

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

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

È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

### 8.1.3 Preparazione del piano di posa

Il piano di posa deve rispondere ai requisiti di quota e sagoma indicati in progetto. Per rinforzare la struttura della strada sono particolarmente indicate le operazioni di stabilizzazione a calce e/o cemento o il misto cementato, prodotto anche con materiali di recupero, che possono così sostituire la fondazione in misto granulare stabilizzato.

Prima di realizzare una depolverizzazione occorre risagomare la sede stradale con il misto granulare stabilizzato 0/20 o 0/30 di categoria G<sub>A80</sub> o G<sub>A85</sub>, opportunamente steso e compattato e predisporre il corretto lo scolo delle acque.

La livellazione con motorgrader deve portare lo strato di posa alla quota di progetto e ripristinare le pendenze della carreggiata. Nel caso di spiccata macrotestitura, può seguire uno strato di 10/18 G<sub>c</sub> 90/15 con dosaggio di 5 ÷ 6 l/m<sup>2</sup> allo scopo di regolarizzare la superficie.

La fondazione deve essere inumidita e rullata con rullo monocilindro e gommato con peso di almeno 10 t.

### 8.1.4 Equipaggiamento

Per la realizzazione della depolverizzazione sono richiesti appositi mezzi combinati in grado di effettuare simultaneamente e con massima precisione la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo una distribuzione omogenea dei componenti.

Lo spargimento automatizzato della graniglia immediatamente dopo lo spruzzamento del legante ne facilita l'ammorsamento e deve evitare qualsiasi difetto dovuto a scarso controllo dei dosaggi e omogeneità.

La fase di rullatura per orientare gli aggregati sulla dimensione minima, immergerli nel legante e incastrarli tra loro deve essere completata da cinque passate di rullo gommato di almeno 10 t che opera a circa 3 km/ora per le prime tre passate e circa 8 km/ora per le ultime due passate. Le gomme non vanno portate a massimo gonfiaggio per assicurare una totale ricopertura delle passate. La rullatura deve essere eseguita su ogni strato.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Dopo una settimana di traffico, può essere valutata la necessità dell'impiego di una motospazzola con aspiratore e setole plastiche per rimuovere l'eventuale eccesso di aggregati senza dislocare quelli ben ammassati a mosaico nel legante.

### 8.1.5 Esecuzione della depolverizzazione

Per una corretta esecuzione della depolverizzazione le fasi da svolgere sono:

- riprofilatura e compattazione del piano di posa;
- impregnazione dello strato di supporto (fondazione o risagomatura) con emulsione bituminosa in ragione di 3,0 kg/m<sup>2</sup> e simultanea stesa di graniglia 8/12 mm in ragione di 10 l/m<sup>2</sup> (circa 15 kg/m<sup>2</sup>);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- spruzzatura della prima mano di emulsione bituminosa in ragione di 1,5 kg/m<sup>2</sup> e simultanea stesa di graniglia 8/12 mm in ragione di 10 l/m<sup>2</sup> (circa 15 kg/m<sup>2</sup>);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- spruzzatura della seconda mano di emulsione bituminosa in ragione di 1,5 kg/m<sup>2</sup> e simultanea stesa di graniglia 4/8 mm in ragione di 5 l/m<sup>2</sup> (circa 7 kg/m<sup>2</sup>);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- apertura al traffico a velocità ridotta di 30 km/ora per 24 ore.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

### 8.1.6 Controlli

Il controllo della qualità dei materiali costituenti deve essere effettuato mediante prove di laboratorio per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato in frazione unica	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato grosso	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Emulsione bituminosa	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Emulsione bituminosa	Cantiere	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche e dosaggio
Aggregato grosso	Cantiere	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Dosaggio dell'aggregato grosso
Superficie della pavimentazione*	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Pendulum Test Value (PTV ≥ 45 o 55)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Macrotexture depth (MTD ≥ 0,4 - 1,0)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Scostamento ( $\Delta \leq 5$ mm)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Nessun difetto tramite ispezione visiva (UNI EN 12271-2)

\*solo quando espressamente richiesto

Tabella 84. Controlli per la depolverizzazione

### 8.1.7 Penali

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori della depolverizzazione.

Il non rispetto degli aggregati e delle emulsioni accettate per lo specifico uso, comporta il rifiuto del materiale.

Per il dosaggio degli aggregati e del bitume residuo determinato a seguito della spruzzatura è tollerato uno scostamento di  $\pm 10$  % rispetto al valore richiesto (per esempio, se richiesto 1,00 kg/m<sup>2</sup> l'intervallo di accettabilità sarebbe 1,10 e 0,90 kg/m<sup>2</sup>). Al fuori di tale limite l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta ad una immediata correzione della modalità di applicazione.

La granulometria e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5$  %;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3$  %;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5$  %;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del  $\pm 5$  % rispetto al valore dichiarato per il progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie deve risultare prima da difetti riscontrabili da ispezione visiva secondo la UNI EN 12271-2. In caso contrario la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori al valore richiesto è applicata una detrazione dell'1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 40 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a 0,40 e superiori a 1,0 è applicata una detrazione dell'1% per ogni 5 decimi di scostamento. Valori MTD inferiori a 0,25 o superiori a 1,15 comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 8.2 Microtappeto a freddo

Il microtappeto a freddo (UNI EN 12273) è definito come una miscela bituminosa autolivellante e autocompattante caratterizzata da uno stato semiliquido in fase di produzione e stesa. L'evoluzione dello stato di consistenza fino al raggiungimento di uno stato solido deve avvenire entro un'ora dalla posa.

Il microtappeto a freddo è composto da emulsione di bitume modificato, aggregati (granulometria continua), acqua e additivi (cemento, calce, cenere volante, attivanti di adesione, fibre ecc.).

Il microtappeto a freddo è proporzionato, mescolato e uniformemente steso in sito a temperatura ambiente come una ricopertura omogenea sopra una superficie appropriatamente preparata alla quale deve aderire perfettamente. In riferimento al progetto specifico, il microtappeto può essere impiegato in due strati sovrapposti o in strato unico usualmente dello spessore pari alla dimensione massima della miscela di aggregati. A seguito della presa il microtappeto deve essere rullato con rullo gommato leggero per migliorare l'adesione con il piano di posa specialmente nelle aree dove insistono maggiori sforzi tangenziali (variazioni di pendenza, di tracciato e di velocità di percorrenza).

La miscela impiegata deve essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla dichiarazione di prestazione (DoP), attestante la conformità alla relativa norma europea armonizzata, da fornire alla Direzione Lavori al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il materiale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

### 8.2.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del microtappeto a freddo e sono composti da aggregati grossi, fini, in frazione unica e filler incluso nella frazione fine o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ( $D \leq 45$  mm;  $d \geq 2$  mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 85. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 20	LA <sub>20</sub>
Resistenza all'usura (umida)	UNI EN 1097-1		≤ 10	MD <sub>E10</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f <sub>4</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 10	FI <sub>10</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 15	SI <sub>15</sub>
Resistenza alla levigabilità	UNI EN 1097-8	[-]	≥ 50	PSV <sub>50</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA <sub>242</sub>

Tabella 85. Caratteristiche dell'aggregato grosso per microtappeto a freddo

L'aggregato fine ( $D \leq 2$  mm;  $d = 0$  mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 86. 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. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043. La roccia da cui è ricavata per frantumazione la sabbia deve avere caratteristiche di resistenza conformi a quanto riportato in Tabella 85.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE <sub>70</sub>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Blu di metilene	UNI EN 933-9	[g/kg]	≤ 2	-

Tabella 86. Caratteristiche dell'aggregato fine per microtappeto a freddo

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente silicea, da cemento, calce idrata, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 87. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	≥ 38	V <sub>38/45</sub>
Passante al setaccio 0,063 mm	-	[%]	≥ 70	-
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 25	ΔR <sub>8/25</sub>

Tabella 87. Caratteristiche del filler per microtappeto a freddo

In alternativa è possibile usare l'aggregato in frazione unica ( $D > 6,3$  mm;  $d = 0$ ) nel rispetto dei requisiti di Tabella 85, Tabella 86 e Tabella 87 e della granulometria riportata in Tabella 89.

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

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



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 8.2.2 Emulsione di bitume modificato

Le emulsioni bituminose impiegate per il microtappeto a freddo devono avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e DoP, attestante la conformità norma europea armonizzata UNI EN 13808, da fornire alla Direzione Lavori al momento della consegna in cantiere.

Il materiale da impiegare per il microtappeto è una emulsione cationica di bitume modificato a rottura controllata (da lenta a rapida) in funzione delle condizioni climatiche e di apertura al traffico rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 88.

Emulsione di bitume modificato				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	65 ± 2	7
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	110 - 195	4
Adesività con aggregati	UNI EN 13614 UNI CN/TS 16346	[%]	90	3
Viscosità (Tempo di efflusso a 40°C)	UNI EN 12846	[s]	5-70	5
Bitume residuo				
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 55	3
Ritorno elastico	UNI EN 13398	[%]	≥ 50	5
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	[°C]	≤ 10	5
Coesione (Force Ductility a 5°C)	UNI EN 13589 UNI EN 13703	[J/cm²]	≥ 2	3

Tabella 88. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per microtappeto a freddo

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

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

## 8.2.3 Cemento

Il cemento deve presentare denominazione e DoP secondo la UNI EN 197-1. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è tenuta a presentare la documentazione attestante la DoP del cemento che intende impiegare secondo la UNI EN 197-1.

Le caratteristiche del cemento devono includere la granulometria (Passante al 2; 0,125; 0,063 mm), massa volumica e superficie specifica (Blain).

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

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



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 8.2.4 Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del microtappeto a freddo, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 89. La percentuale di bitume modificato deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

Per il microtappeto in strato unico si raccomanda una granulometria compresa nel fuso 0/8, mentre per doppio strato si raccomanda uno strato di livellamento con granulometria compresa nel fuso 0/4 e uno strato di ricopertura con granulometria compresa nel fuso 0/8. La Tabella 89 mostra anche gli intervalli consentiti per il dosaggio del bitume, cemento, acqua e miscela. Il dosaggio della miscela è indicativo in quanto esso dipende dalla densità degli aggregati, forma e tessitura della superficie di posa.

Fuso granulometrico		
Classe di conglomerato bituminoso riciclato a caldo	0/4	0/8
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
10	-	100
8	-	90 - 100
6	100	70 - 95
4	85 - 100	55 - 75
2	55 - 85	35 - 50
0,5	15 - 35	15 - 30
0,25	10 - 25	8 - 20
0,063	6,0 - 10,0	5,0 - 10,0
Dosaggio di bitume		
Contenuto di bitume riferito alla miscela [%]	6,5 - 9,5	6,1 - 8,3
Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%]	7,0 - 10,5	6,5 - 9,0
Dosaggio di cemento		
Contenuto di cemento riferito agli aggregati [%]	0,5 - 2,0	0,5 - 2,0
Dosaggio di acqua		
Contenuto di acqua riferito agli aggregati [%]	10,0 - 20,0	10,0 - 15,0
Dosaggio della miscela		
Dosaggio della miscela [kg/m <sup>2</sup> ]	10,0 - 15,0	15,0 - 20,0

I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore:  
 $a = 2,650/\rho_a$  dove  $\rho_a$  è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m<sup>3</sup> determinata secondo la UNI EN 1097-6.

Tabella 89. Fuso di progetto, intervallo del contenuto di bitume e dosaggio di miscela per microtappeto a freddo

La miscela per il microtappeto a freddo deve rispettare i requisiti riportati in Tabella 90. Il dosaggio ottimo di acqua deve essere identificato con il supporto di prove di consistenza secondo la norma UNI EN 12274-3 ed eventualmente aggiustato in opera in funzione delle condizioni climatiche e della superficie di posa.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Abrasione dopo 1 ora di immersione	UNI EN 12274-5	[g/m <sup>2</sup> ]	< 500
Coesione dopo 30 min.	UNI EN 12274-4	[N·m]	≥ 1,2
Coesione dopo 60 min.	UNI EN 12274-4	[N·m]	≥ 2,0
Consistenza	UNI EN 12274-3	[mm]	25 - 35
Usura (immersione: 1 ora)	UNI EN 12274-5	[g/m <sup>2</sup> ]	< 500

Tabella 90. Prestazione della miscela per microtappeto a freddo

I tempi necessari al raggiungimento di un valore di coesione secondo la UNI EN 12274-4 di 1,2 e 2,0 N·m, rispettivamente corrispondenti al tempo di presa e di apertura al traffico devono essere dichiarati.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

**La curva granulometrica degli aggregati minerali, la curva granulometria della miscela (incluso il filler attivo), tutte le componenti della ricetta di progetto e l'intervallo di temperatura di impiego dell'emulsione e della miscela all'uscita dal banco devono essere dichiarate dal produttore.**

Il produttore deve dichiarare il TAIT (Type approval installation trial) o ITT riferito ad una sezione dove il prodotto è stato applicato usando il FPC (Factory production control) ed è stato sottomesso a prove prestazionali dopo un anno (UNI EN 12273).

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

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

### 8.2.5 Preparazione della superficie di stesa

In funzione del contesto, la Direzione Lavori può richiedere la preparazione del giunto trasversale nella sezione di inizio e fine del trattamento per garantire perfetta complanarità con la pavimentazione esistente antecedente o successiva all'intervento tramite una fresatura di ampiezza di almeno 50 cm e profondità pari allo spessore del microtappeto. Le stesse modalità devono essere adottate in caso di presenza di pozzetti per i quali non si preveda l'aggiustamento in quota.

Prima della realizzazione del microtappeto a freddo si deve procedere alla preparazione del piano di posa mediante pulizia della superficie stradale (rimozione di detriti, macchie di olio, polveri e sostanze estranee), sigillatura delle fessure, eventuale umidificazione del supporto se completamente asciutto e riprofilatura dei tratti deformati. Nel caso in cui siano presenti chiusini, pozzetti, caditoie o altre singolarità, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve comunque garantire la regolarità del piano e omogeneità di stesa oltre che provvedere ad apposita protezione dei servizi per consentirne un appropriato funzionamento.

### 8.2.6 Posa in opera della miscela

Il confezionamento dell'impasto deve essere realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente in grado di assicurare lo stoccaggio dei materiali costituenti (aggregati lapidei, emulsione bituminosa, acqua, additivi, regolatori di rottura), il corretto dosaggio, una intima miscelazione, la stesa e il livellamento delle miscele mediante apposito stenditore a carter.

Nei casi in cui siano presenti zone caratterizzate da elevate sollecitazioni tangenziali o che presentino un profilo irregolare, è raccomandabile effettuare due strati di malta bituminosa. Il secondo strato deve essere sovrapposto al primo dopo almeno un giorno di servizio.

Al termine delle operazioni di stesa il microtappeto deve presentare un aspetto superficiale regolare, scabra e uniforme (omogenea distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela), esente da difetti (UNI EN 12274-8), imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa) e nessun fenomeno di trasudamento del legante.

In zone caratterizzate da elevate sollecitazioni superficiali tangenziali è opportuno che la malta bituminosa sia rullata prima del completo indurimento per assicurare un miglior fissaggio del manto bituminoso alla superficie sottostante. La rullatura deve essere effettuata con apposito rullo gommato in grado di simulare



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

l'azione del traffico veicolare. Il rullo gommato deve procedere a velocità inferiore a 5 km/h, evitando variazioni di direzione, di velocità e marcia al di sopra del trattamento. Tutta la superficie dovrà essere rullata in maniera omogenea operando per fasce con sovrapposizione di almeno 20 cm. Per evitare qualsiasi distacco di materiale in fase di rullatura è raccomandato bagnare le ruote del mezzo con apposita soluzione anti-incollaggio.

La produzione o la posa in opera del microtappeto deve essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore a 5 °C ed in caso di pioggia.

A termine dei lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve provvedere a liberare e alla completa pulizia dell'area adibita a stoccaggio dei materiali ed eventuale parcheggio dei mezzi.

### 8.2.7 Controlli

Il controllo della qualità microtappeto a freddo deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulla superficie dello strato finito per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 91 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato grosso	Stoccaggio	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato fine	Stoccaggio	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Filler	Stoccaggio	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Emulsione bituminosa	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Microtappeto sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Temperatura di stesa, proporzionamento, dosaggio e prestazioni della miscela
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Scostamento ( $\Delta \leq 5$ mm)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Pendulum Test Value (PTV $\geq 60$ )
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Macrotexture depth (MTD = 0,4 - 1,0)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Ispezione visiva, privo di difetti

Tabella 91. Controlli per il microtappeto a freddo

La temperatura di stesa del microtappeto deve essere controllata immediatamente dietro la macchina combinata all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di microtappeto sfuso sono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), il contenuto di acqua, la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e il dosaggio della miscela.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

La macrotestitura e la resistenza allo slittamento/derapaggio sulla superficie stradale devono essere verificate rispettivamente con la tecnica volumetrica ad impronta (UNI EN 13036-1) e il metodo del pendolo (UNI EN 13036-4) tra il trentesimo e il sessantesimo giorno dall'apertura al traffico.

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

La valutazione dei dissesti (UNI EN 12274-8) è eseguita tra l'undicesimo e il dodicesimo mese dalla stesa sotto traffico.

### 8.2.8 Penali

Le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del microtappeto a freddo (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa o dell'emulsione dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità della miscela e le eventuali penali da applicare.

La granulometria e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del materiale sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5\%$ ;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$  rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori a 60 è applicata una detrazione dell'1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 50 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a 0,40 o superiori a 1,00 è applicata una detrazione dell'1% per ogni 5 decimi di scostamento. Valori MTD inferiori a 0,30 o superiori a 1,10 comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità, sgranamenti e ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione o la sovrapposizione di un nuovo trattamento a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. La Direzione Lavori può applicare le opportune tolleranze in funzione della regolarità del piano di posa (pavimentazione esistente) nel caso in cui non si preveda lo strato di livellamento ma si operi in strato unico.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a garantire il buon funzionamento (assenza di dissesti secondo la UNI EN 12274-8) del materiale per una durata di 12 mesi a decorrere dall'apertura al traffico della tratta. In caso si dovessero manifestare difetti prima dei 12 mesi, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve provvedere a sua cura e spese al ripristino nel rispetto delle relative prescrizioni.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 9 Sistemi all'interfaccia



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 9.1 Impregnazione

Per impregnazione (mano di ancoraggio) si intende **l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura media o lenta e bassa viscosità**, spruzzata sopra uno strato di misto granulare o misto cementato prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato o macrorugoso rendendo coesa la parte superficiale, impermeabilizzare la superficie di posa e fornire una migliore adesione del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Le emulsioni bituminose impiegate per l'impregnazione devono avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità norma europea armonizzata UNI EN 13808, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

### 9.1.1 Emulsione bituminosa a rottura lenta

Il materiale da impiegare per l'impregnazione è una emulsione bituminosa cationica a rottura lenta o media rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 92. È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

Emulsione bituminosa per impregnazione				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	55 ± 2	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	> 110	4 o 5
Bitume residuo				
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 220	5
Punto di rammolimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 35	8

Tabella 92. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per impregnazione

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 9.1.2 Posa in opera dell'impregnazione

Prima dell'applicazione dell'impregnazione l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve rimuovere tutte le impurità presenti tramite spazzolatura meccanica e aspirazione.

L'emulsione bituminosa deve essere spruzzata tramite autobotte dotata di barra posteriore con ugelli perfettamente funzionanti tali da lasciare un velo di emulsione omogeneo e garantire la ricopertura di tutta la superficie di applicazione.

**Il dosaggio di bitume residuo pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>. L'emulsione bituminosa deve essere saturata tramite la stesa con mezzi idonei di graniglia o filler o sabbia fine a discrezione della Direzione Lavori.** La sovrapposizione di strisciate adiacenti deve essere di 10 cm.

Nel caso di piccoli interventi, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di accettare l'uso di una unica emulsione sia per impregnazione che per mano d'attacco a favore di una più facile gestione del cantiere.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

### 9.1.3 Controlli

Il controllo della qualità è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 93 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Emulsione bituminosa	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Emulsione bituminosa	Cantiere	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Dosaggio e caratteristiche

Tabella 93. Controlli da eseguire per l'impregnazione

### 9.1.4 Penali

Le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori dell'impregnazione (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto delle emulsioni accettate per lo specifico uso, comporta il rifiuto del materiale.

Per il dosaggio di bitume residuo per mano d'attacco o di impregnazione determinato a seguito della spruzzatura è tollerato uno scostamento di  $\pm 10\%$  rispetto al valore richiesto (per esempio, se richiesto 1,0 kg/m<sup>2</sup> l'intervallo di accettabilità è 1,1 e 0,9 kg/m<sup>2</sup>). Al fuori di tale limite l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta ad una immediata correzione della modalità di applicazione.

Nel caso di non conformità della lavorazione la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 9.2 Mano d'attacco

Per mano d'attacco si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura rapida, spruzzata sopra uno strato di conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato) prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di rendere solidali i due strati sovrapposti ed evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le emulsioni bituminose impiegate per la mano d'attacco devono avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità norma europea armonizzata UNI EN 13808, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

### 9.2.1 Emulsione bituminosa a rottura rapida

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica a rottura rapida rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 94. È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

Emulsione bituminosa per mano d'attacco				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	65 ± 2	8
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 - 155	3
Bitume residuo				
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 43	6

Tabella 94. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per mano d'attacco

In alcuni casi specifici può essere richiesto l'uso di emulsione di bitume modificato (Tabella 95).

Emulsione di bitume modificato per mano d'attacco				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	69 ± 2	9
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 - 155	3
Bitume residuo				
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[0,1 × mm]	≤ 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	≥ 60	2
Ritorno elastico	UNI EN 13398	[%]	≥ 50	3

Tabella 95. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per mano d'attacco

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 9.2.2 Posa in opera della mano d'attacco

Prima dell'applicazione della mano d'attacco l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve rimuovere tutte le impurità presenti tramite spazzolatura meccanica e aspirazione.

L'emulsione bituminosa deve essere spruzzata tramite autobotte dotata di barra posteriore con ugelli perfettamente funzionanti tali da lasciare un velo di emulsione omogeneo e garantire la ricopertura di tutta la superficie di applicazione. Il dosaggio di bitume residuo varia a seconda del tipo del piano di posa. Quando la mano d'attacco è applicata su un conglomerato bituminoso di nuova costruzione (strato nuovo o di risagomatura), il dosaggio dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>. Quando la mano d'attacco è applicata su una pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,45 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. Quando la mano d'attacco è applicata sopra una vecchia pavimentazione in conglomerato bituminoso (ricopertura o risagomatura) il dosaggio deve essere di 1,00 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. La sovrapposizione di strisciate adiacenti deve essere di 10 cm.

L'emulsione bituminosa deve essere saturata tramite la stesa con mezzi idonei di filler o sabbia fine.

Nel caso di piccoli interventi, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di accettare l'uso di una unica emulsione sia per impregnazione che per mano d'attacco a favore di una più facile gestione del cantiere.

## 9.2.3 Controlli

Il controllo della qualità è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 96 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Emulsione bituminosa	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Emulsione bituminosa	Cantiere	Giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Dosaggio e caratteristiche

Tabella 96. Controlli da eseguire per la mano d'attacco

## 9.2.4 Penali

Le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori della mano d'attacco (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto delle emulsioni accettate per lo specifico uso, comporta il rifiuto del materiale.

Per il dosaggio di bitume residuo per mano d'attacco o di impregnazione determinato a seguito della spruzzatura è tollerato uno scostamento di  $\pm 10\%$  rispetto al valore richiesto (per esempio, se richiesto 1,0 kg/m<sup>2</sup> l'intervallo di accettabilità è 1,1 e 0,9 kg/m<sup>2</sup>). Al fuori di tale limite l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta ad una immediata correzione della modalità di applicazione.

Nel caso di non conformità della lavorazione la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

### 9.3 Geocomposito con rete o tessuto in fibra di vetro

I geocompositi prevedono un accoppiamento di un tessuto e una geogriglia e offrono i benefici di entrambe questi prodotti. Il tessuto, assorbendo e trattenendo il bitume, permette una adeguata impermeabilizzazione e adesione del composito alla superficie stradale, mentre la geogriglia conferisce alta resistenza e rigidità ritardando e impedendo il progredire dello stato fessurativo. La combinazione delle funzioni svolte da questi materiali li rende particolarmente indicata per lavori di manutenzione stradale, quando viene fresata sola una parte del vecchio pacchetto bituminoso o quando occorre rinforzare i giunti di ancoraggio o sezioni di scavo o tra vecchia pavimentazione e strato di ricopertura.

Il geocomposito per il rinforzo, l'impermeabilizzazione ed il ripristino di pavimentazioni stradali deve essere costituito da un pacchetto bituminoso, accoppiato ad un velo di vetro di supporto, nel quale è integrata una griglia a base di fibra di vetro.

Il pacchetto bituminoso deve essere costituito da una miscela di bitume distillato modificato con elastomeri termoplastici SBS, resine idrocarboniche, compatibilizzanti sintetici e filler inerti stabilizzanti.

La griglia a base di fibra di vetro deve formare una armatura impunturevole a maglie quadrate di dimensioni 12,5 mm x 12,5 mm.

Il geocomposito nel suo complesso deve essere un sistema solidale, autoadesivo, impermeabile, termicamente stabile, dotato di una ottima resistenza meccanica, elasticità e flessibilità anche alle basse temperature.

Il geocomposito deve presentare le caratteristiche tecniche riportate nella Tabella 97.

Caratteristiche tecniche	Norma di riferimento	Unità di misura	Valori richiesti
Difetti visibili	UNI EN 1850-1	-	supera
Spessore	UNI EN 1849-1	mm	2,5
Impermeabilità all'acqua (metodo B)	UNI EN 1928	kPa	60 - supera
Resistenza a trazione longitudinale / trasversale (carico massimo)	UNI EN 12311-1	kN/m	≥ 40 / 40
Allungamento a rottura longitudinale / trasversale	UNI EN 12311-1	%	≥ 4 / 4
Resistenza al punzonamento statico – B	UNI EN 12730	kg	-
Flessibilità a freddo	UNI EN 1109	°C	- 25
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	UNI EN 1296 / UNI EN 1109	°C	- 15
Stabilità di forma a caldo	UNI EN 1110	°C	≥ 80
Stabilità di forma a caldo dopo invecchiamento termico	UNI EN 1296 / UNI EN 1110	°C	≥ 70

Tabella 97. Caratteristiche del geocomposito con rete in fibra di vetro

In alternativa alla geogriglia interna può essere previsto un tessuto (foglio continuo di fibre di vetro adirezionali). In questo caso la resistenza minima a trazione longitudinale e trasversale deve essere di 35 / 35 [kN/m] e l'allungamento a rottura longitudinale e trasversale di 30 / 30 [%].

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

### 9.3.1 Preparazione e posa in opera del geocomposito

Il geocomposito deve essere fornito in rotoli (lunghezza 10 m, larghezza 1 m, a discrezione della direzione lavori potranno essere accettate o meno altre dimensioni) e consentire un'agevole e veloce posa in opera, facilmente maneggevole e con proprietà autoadesive. La parte autoadesiva inferiore deve essere protetta da un film siliconato da asportare durante la posa, mentre la faccia superiore deve essere trattata con inerte antiaderente o con un leggero tessuto non tessuto sintetico o con un film polimerico per consentire il transito dei mezzi da cantiere. Questi elementi poi devono essere assorbiti dal pacchetto bituminoso con il calore di posa del conglomerato bituminoso dello strato di ricopertura.

Il geocomposito deve essere facilmente fresabile, riciclabile e non costituire un rifiuto pericoloso.

Per la perfetta adesione di due strisciate affiancate deve essere prevista una fascia di sormonto adesiva protetta con film siliconato da asportare.

Il geocomposito deve essere steso su uno strato di conglomerato bituminoso (nuovo, vecchio o fresato). Per conglomerato bituminoso nuovo si intende uno strato di base, binder o di risagomatura.

Prima dell'applicazione del geocomposito è raccomandata la mano d'attacco con emulsione bituminosa solo nel caso in cui il piano di posa sia una superficie fresata o un vecchio conglomerato bituminoso molto abraso con dosaggio variabile tra 0,30 e 0,45 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo a seconda delle asperità del piano di posa.

Dopo l'applicazione del geocomposito è steso il nuovo conglomerato bituminoso, uno o più strati, con spessore minimo di 5 cm in zone soggette a forti sforzi di taglio e negli altri casi spessore minimo di 4 cm.

### 9.3.2 Controlli

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

### 9.3.3 Penali

Difetti di posa o non conformità delle caratteristiche del geocomposito comporta il rifiuto e la sostituzione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 9.4 Geotessile non tessuto

Lo strato di filtro, separazione e rinforzo tra sottofondo e anticapillare è realizzato tramite l'installazione di un geotessile non tessuto. Esso può essere usato per avvolgere uno strato anticapillare, di fondazione o su superfici eterogenee su interventi puntuali.

Il geotessile non tessuto deve essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere non inquinante.

Le prestazioni devono soddisfare i requisiti mostrati in Tabella 98.

Caratteristiche tecniche	Norma di riferimento	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza a trazione	EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 25
Elongazione	EN ISO 10319	[%]	≥ 40
Jsec (tra le due direzioni ortogonali e al 5% di deformazione)	EN ISO 10319	[kN/m]	≥ 20
Apertura caratteristica pori	UNI EN ISO 12956	[mm]	≤ 0,13
Cone drope test	UNI EN ISO 13433	[mm]	≤ 18

Tabella 98. Caratteristiche richieste per il geotessuto

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 9.4.1 Preparazione e posa in opera del geotessile non tessuto

Prima della posa del geotessile, è cura dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto preparare il terreno naturale o la superficie di posa pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non deve presentare dislivelli o solchi profondi più di 5 cm.

Una volta preparato il piano con adeguata rullatura con rullo ferro-gomma e rullo gommato entrambe di almeno 14 t, si procede alla stesa dei teli di geotessile in direzione del traffico di cantiere.

Il geotessile non tessuto deve essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo di impiego. I teli devono essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni. Nell'eventualità di ulteriore compattazione del piano di posa, l'abbassamento deve essere compensato con lo strato superiore.

Eventuali lacerazioni accidentali devono essere coperte da un rapprezzo di geotessile intatto, dello stesso tipo e di dimensioni 5 volte più grandi della lacerazione stessa.

I singoli teli devono essere sovrapposti per almeno 50 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 m<sup>2</sup> di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, deve essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geotessile da risvoltare devono risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio del geotessile da rullo deve avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato deve essere allontanato.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

I teli non devono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale granulare sovrastante.

#### 9.4.2 Controlli

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

#### 9.4.3 Penali

Difetti di posa o non conformità delle caratteristiche del geotessile comporta il rifiuto e la sostituzione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 9.5 Geogriglia

La geogriglia in fibra di vetro con superficie adesiva a pressione prebitumata o ricoperta con polimero compatibile con bitume è impiegata come rinforzo nei rappezzi o nei giunti al fine di evitare la fessurazione di riflessione in superficie e conferire maggiore resistenza alle inflessioni cicliche all'interfaccia degli strati in cui è posta.

La geogriglia deve essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, alle alte temperature, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere non inquinante.

Le prestazioni devono soddisfare i seguenti requisiti di Tabella 99. La Direzione Lavori può richiedere una geogriglia con maglia  $12 \times 12$  oppure  $25 \times 25$  mm<sup>2</sup> in funzione della dimensione dell'area di applicazione e della dimensione massima degli aggregati all'interstrato. Generalmente una tessitura più fitta è preferita per interventi localizzati e tra strati a grana fine (paragonabile al distanziamento tra le nervature).

Caratteristiche tecniche per maglia $12 \times 12$ mm <sup>2</sup>	Norma di riferimento	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza a trazione	EN ISO 10319	[kN/m]	$\geq 100 \times 100$
Elongazione	EN ISO 10319	[%]	$\geq 3$
Modulo di Young		[kN/mm <sup>2</sup> ]	$\geq 50$
Massa unitaria		[g/m <sup>2</sup> ]	$\geq 300$
Punto di rammollimento		[°C]	$\geq 500$
Caratteristiche tecniche per maglia $25 \times 25$ mm <sup>2</sup>	Norma di riferimento	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza a trazione	EN ISO 10319	[kN/m]	$\geq 50 \times 50$
Elongazione	EN ISO 10319	[%]	$\geq 3$
Modulo di Young		[kN/mm <sup>2</sup> ]	$\geq 50$
Massa unitaria		[g/m <sup>2</sup> ]	$\geq 300$
Punto di rammollimento		[°C]	$\geq 500$

Tabella 99. Prescrizioni per la geogriglia in fibra di vetro

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 9.5.1 Preparazione e posa in opera della geogriglia

Prima della posa della geogriglia, è cura dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto preparare il supporto pulendolo da oggetti estranei.

La geogriglia deve essere fornita in rotoli (lunghezza 10 m, larghezza 1 m, a discrezione della direzione lavori possono essere accettate o meno altre dimensioni) e consentire un'agevole e veloce posa in opera, facilmente maneggevole e con proprietà autoadesive. La parte autoadesiva inferiore deve essere protetta da un film siliconato da asportare durante la posa.

La geogriglia deve essere facilmente fresabile, riciclabile e non costituire un rifiuto pericoloso.

La geogriglia deve essere stesa su uno strato di conglomerato bituminoso preferibilmente nuovo (base, binder o di risagomatura) e regolare seppur, in casi particolari, può essere impiegata anche su una pavimentazione esistente o fresata.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Prima dell'applicazione della geogriglia è raccomandata la mano d'attacco con emulsione bituminosa solo nel caso in cui il piano di posa sia una superficie fresata o un vecchio conglomerato bituminoso molto abraso con dosaggio variabile tra 0,30 e 0.45 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo a seconda delle asperità del piano di posa.

La geogriglia deve aderire perfettamente al piano di posa e può essere previsto un passaggio di rullo per attivare l'incollaggio per pressione.

Dopo l'applicazione della geogriglia è steso il nuovo conglomerato bituminoso, uno o più strati, con spessore minimo di 5 cm in zone soggette a forti sforzi di taglio e negli altri casi spessore minimo di 4 cm.

### 9.5.2 Controlli

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

### 9.5.3 Penali

Difetti di posa o non conformità delle caratteristiche del materiale comporta il rifiuto e la sostituzione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 10 Sigillatura delle fessure



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 10.1 Sigillatura a caldo delle fessure

La sigillatura a caldo con mastice a base di bitume modificato con elastomeri e filler ha lo scopo di riempire e impermeabilizzare le fessure longitudinali e trasversali, generalmente di spessore e profondità superiore a 5 mm e inferiore a 25 mm, e i giunti di costruzioni che si manifestano sulla pavimentazione stradale. La sigillatura evita l'infiltrazione dell'acqua negli strati sottostanti con obiettivo di interrompere lo sgranamento progressivo della lesione che può degenerare in buca e di evitare la perdita di resistenza degli strati portanti che può provocare cedimenti localizzati. Il materiale è generalmente posato a temperatura superiore di 160°C. Il materiale è caratterizzato da notevole elasticità.

Il materiale deve essere conforme alla UNI EN 14188-1.

### 10.1.1 Mastice di bitume modificato con elastomeri

Il mastice è un composto di bitume modificato con elastomeri e filler e deve rispettare le caratteristiche riportate in Tabella 100. Il materiale deve mostrare elevata omogeneità, flessibilità, duttilità ed elasticità.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≥ 85
Tensione massima	UNI EN 13880-13	[N/mm <sup>2</sup> ]	≤ 1
Tensione finale	UNI EN 13880-13	[N/mm <sup>2</sup> ]	≤ 0,15
Difetto di adesione	UNI EN 13880-13	[%]	no
Difetto di coesione	UNI EN 13880-13	[%]	no
Tensione massima	UNI EN 13880-10	[N/mm <sup>2</sup> ]	≤ 0,50
Difetto di adesione	UNI EN 13880-10	[mm <sup>2</sup> ]	≤ 50
Difetto di coesione	UNI EN 13880-10	[mm <sup>2</sup> ]	≤ 20
Tensione massima sul materiale rivestito	UNI EN 13880-7	[N/mm <sup>2</sup> ]	≤ 0,30
Ritorno elastico	UNI EN 13880-3	[%]	≥ 60
Penetrazione del cono	UNI EN 13880-2	[mm×10 <sup>-1</sup> ]	40-130
Resistenza al flusso	UNI EN 13880-5	[mm]	≤ 20
Compatibilità	UNI EN 13880-9	[-]	conforme
Densità a 25°C	UNI EN 13880-1	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,4 ± 0,1

Tabella 100. Caratteristiche del mastice di bitume modificato con elastomeri per sigillatura a caldo

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 10.1.2 Aggregati per saturazione

Il legante bituminoso deve essere saturato dopo l'applicazione con aggregati grossi e fini ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ( $D \leq 45$  mm;  $d \geq 2$  mm), fine ( $D \leq 2$  mm;  $d = 0$  mm) o in frazione unica può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 101.

È consentito l'impiego di aggregati pre-bitumati.

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Dimensione massima nominale	UNI EN 933-1	[mm]	≤ 4	-
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 20	LA <sub>20</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C <sub>100/0</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 15	FI <sub>15</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 15	SI <sub>15</sub>
Resistenza alla levigabilità	UNI EN 1097-8	[-]	≥ 50	PSV <sub>50</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA <sub>242</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE <sub>70</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 5	f <sub>5</sub>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	[%]	non plastico	-

Tabella 101. Caratteristiche dell'aggregati per la saturazione del legante di sigillatura

### 10.1.3 Preparazione e posa

L'applicazione del legante a caldo deve essere eseguita su fessure con spessore e profondità di almeno 5 mm, temperatura dell'aria non inferiore a 10°C e superficie asciutta. Le fessure devono essere accuratamente pulite con getto di aria calda con temperatura fino a 500°C per deumidificare, scaldare i lembi della fessura e bruciare eventuali impurità. In alternativa può essere prevista la pulizia e la scarifica di impurità con idonee attrezzature e successivo riscaldamento a temperature comunque superiori ai 100°C prima dell'applicazione del sigillante.

Il mastice bituminoso deve essere scaldato ad una temperatura compresa tra 160 e 200°C e reso omogeneo e fluido per l'iniezione tramite lancia con terminale di dimensione e forma appropriata allo spessore delle fessure da sigillare per consentire una perfetta percolazione ed evitare di bagnare la superficie della pavimentazione adiacente.

Con il fine di irruvidire la sigillatura, prima del raffreddamento del mastice (temperatura superiore a 85°C) deve essere applicato un aggregato di saturazione, tipicamente ma non esclusivamente, del tipo graniglia 2/4 mm lavata. È consentito applicare graniglia pre-bitumata con un contenuto di bitume non superiore al 3%. L'aggregato deve essere distribuito sopra il legante in monostrato.

Nel caso di contaminazione della superficie stradale adiacente la fessura, l'Impresa aggiudicatrice dell'appalto è tenuta ad immediata pulizia. L'apertura al traffico è consentita quando il sigillante ha raggiunto una consistenza stabile (generalmente 30 minuti dopo l'applicazione).

### 10.1.4 Controlli

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

### 10.1.5 Penali

Difetti di posa o non conformità delle caratteristiche del materiale comporta il rifiuto e la sostituzione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o il non riconoscimento.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

## 10.2 Sigillatura a freddo delle fessure

La sigillatura a freddo con sigillante bicomponente ha lo scopo di riempire e impermeabilizzare le fessure longitudinali e trasversali, generalmente di spessore e profondità superiore a 5 mm, e i giunti di costruzioni che si manifestano sulla pavimentazione stradale. La sigillatura evita l'infiltrazione dell'acqua negli strati sottostanti con obiettivo di interrompere lo sgranamento progressivo della lesione che può degenerare in buca e di evitare la perdita di resistenza degli strati portanti che può provocare cedimenti localizzati.

Il materiale è posato a temperatura ambiente e sfrutta una reazione di indurimento, che ha inizio al momento della miscelazione tra i due componenti. Il materiale è caratterizzato da notevole rigidità.

### 10.2.1 Legante bicomponente

Il legante bicomponente deve rispettare le caratteristiche riportate in Tabella 102 Tabella 100.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≥ 85
Tensione massima	UNI EN 13880-13	[N/mm <sup>2</sup> ]	≤ 1
Tensione finale	UNI EN 13880-13	[N/mm <sup>2</sup> ]	≤ 0,15
Difetto di adesione	UNI EN 13880-13	[%]	no
Difetto di coesione	UNI EN 13880-13	[%]	no
Penetrazione del cono	UNI EN 13880-2	[mm×10 <sup>-1</sup> ]	≥ 20
Densità a 25°C	UNI EN 13880-1	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,1 ± 0,1

Tabella 102. Caratteristiche del legante bicomponente per sigillatura a freddo

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

### 10.2.2 Aggregati per saturazione

Il legante bicomponente deve essere saturato dopo l'applicazione con aggregati grossi e fini ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ( $D \leq 45$  mm;  $d \geq 2$  mm), fine ( $D \leq 2$  mm;  $d = 0$  mm) o in frazione unica può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 103.

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Dimensione massima nominale	UNI EN 933-1	[mm]	≤ 4	-
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 20	LA <sub>20</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C <sub>100/0</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 15	Fl <sub>15</sub>
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 15	Sl <sub>15</sub>
Resistenza alla levigabilità	UNI EN 1097-8	[-]	≥ 50	PSV <sub>50</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA <sub>242</sub>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE <sub>70</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 5	f <sub>5</sub>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	[%]	non plastico	-

Tabella 103. Caratteristiche dell'aggregati per la saturazione del legante di sigillatura

### 10.2.3 Preparazione e posa

L'applicazione del legante bicomponente a freddo deve essere eseguita su fessure con spessore e profondità di almeno 5 mm, temperatura dell'aria non inferiore a 10°C e superficie asciutta. Le fessure devono essere accuratamente pulite con getto di aria e la scarifica di impurità con idonee attrezzature prima dell'applicazione del sigillante.

Il legante bicomponente deve fuoriuscire omogeneo e fluido per l'iniezione tramite lancia con terminale di dimensione e forma appropriata allo spessore delle fessure da sigillare per consentire una perfetta percolazione ed evitare di bagnare la superficie della pavimentazione adiacente.

Con il fine di irruvidire la sigillatura, prima della completa solidificazione del legante deve essere applicato un aggregato di saturazione, tipicamente ma non esclusivamente, del tipo graniglia 2/4 mm lavata. L'aggregato deve essere distribuito sopra il legante in monostrato.

Nel caso di contaminazione della superficie stradale adiacente la fessura, l'Impresa aggiudicatrice dell'appalto è tenuta ad immediata pulizia. L'apertura al traffico è consentita quando il sigillante ha raggiunto una consistenza stabile (generalmente 20 minuti dopo l'applicazione).

### 10.2.4 Controlli

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

L'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare la misura cumulativa delle fessure sigillate ogni 500 m evidenziando un chiaro riferimento assoluto del punto di inizio e fine tratta.

### 10.2.5 Penali

Difetti di posa o non conformità delle caratteristiche del materiale comporta il rifiuto e la sostituzione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o il non riconoscimento.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione  
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici  
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)  
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00  
e-mail: segreteria@aasp.sm  
Cod. Op. Econ. SM 02461

Questo documento è liberamente derivato e modificato da  
**“CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PER LA MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI PAVIMENTAZIONI  
STRADALI” - Prima edizione, Università degli Studi della Repubblica di San Marino**  
[www.unirmsm.sm/centro-ermes](http://www.unirmsm.sm/centro-ermes)