

Articolo 7

Trattamenti bituminosi a freddo

I trattamenti bituminosi a freddo consistono in tecniche stradali che prevedono l'impiego come legante di emulsioni bituminose. Nel presente articolo sono trattate le lavorazioni più diffuse rappresentate da: *trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo*; *microtappeti a freddo (slurry seals)*; *trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo*.

7.1 Trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo

I trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo sono interventi finalizzati al miglioramento dell'aderenza e dell'impermeabilità della superficie stradale. Schematicamente si realizzano mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa seguita dalla stesa di aggregati lapidei di ricoprimento, secondo dosaggi prestabiliti. A seconda che tale procedimento si ripeta una ovvero due volte si parlerà rispettivamente di trattamenti superficiali di irruvidimento monostrato oppure bistrato.

7.1.1 – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Legante L'emulsione bituminosa deve essere caratterizzata da elevato contenuto bitume, rapida velocità di rottura ed elevata viscosità; in considerazione delle prestazioni richieste tale emulsione deve essere del tipo ECR 69 modificata con polimeri avente le proprietà riportate in **Tabella 7.1.1**.

			Tabella 7.1.1
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Modificata ECR 69</i>
Polarità	CNR 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	70±1
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammolimento	CNR 35/73	°C	> 65

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Aggregati Gli aggregati devono essere puliti, esenti da parti fini (< 1 mm) o da materiali estranei. Sono costituiti da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, raggruppabili in classi d/D la cui granulometria deve rientrare nei limiti indicati in **Tabella 7.1.2**.

Per gli aggregati è consentito l'impiego, in alternativa a quelle riportate in **Tabella 7.1.2**, di classi diverse purché di dimensioni prossime fermi restando i criteri che fissano i requisiti granulometrici di accettazione.

Le caratteristiche fisiche, geometriche e meccaniche devono essere tali da garantire elevata resistenza all'urto e all'abrasione, oltre che evitare l'insorgere prematuro di

indesiderati fenomeni di levigatura sotto l'azione dei pneumatici. In **Tabella 7.1.3** sono indicate le specifiche richieste suddivise in funzione del volume di traffico.

Tabella 7.1.2

classificazione CNR	classe "d/D" (mm)	% trattenuto "D"	% passante "d"	% passante 0.5 mm	% passante 0.05 mm
pietrischetto	12/16	≤ 10 (‡)	≤ 10 (‡)	≤ 0.5	≤ 0.05
pietrischetto	8/12				
graniglia	6/10				
graniglia	4/6				
graniglia	2/4 (*)				

In accordo con la norma CNR 139/92 le dimensioni d,D sono riferite alle aperture di setacci a maglie quadre
 (‡) la somma della frazioni % maggiore di "D" e minore di "d" deve comunque essere inferiore al 15%
 (*) classe utilizzata in ambito urbano

Tabella 7.1.3

Caratteristiche Aggregati lapidei	normativa di riferimento	Traffico nei due sensi (veicoli/giorno)		
		basso (< 1500)	medio (1500÷3000)	elevato (> 3000)
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 25	≤ 20	≤ 18
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	≤ 20	≤ 15	≤ 12
CLA	CNR 140/92	≥ 42	≥ 44	≥ 45
Spogliamento	CNR 138/92	0	0	0
Sensibilità al gelo (‡)	CNR 80/80	≤ 20	≤ 20	≤ 20
Indice di appiattimento	CNR 95/84	≤ 20	≤ 20	≤ 15

(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.
 (‡) in zone considerate soggette a gelo

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Monostrato Per l'esecuzione di un trattamento monostrato a singola granigliatura possono essere utilizzate le classi di graniglia 2/4 (per interventi in ambito urbano), 4/6 e 6/10.

Bistrato Il trattamento superficiale bistrato a doppia granigliatura può utilizzare come aggregati di ricoprimento le classi granulometriche 8/12 + 4/6, 6/10 + 2/4, 8/12 + 4/6.

Dosaggi I dosaggi di graniglia e di emulsione bituminosa per unità di superficie variano in funzione del tipo di trattamento da realizzare e delle classi granulometriche degli aggregati, secondo i valori orientativi riportati in **Tabella 7.1.4**.

Tabella 7.1.4

Tipo di trattamento	Aggregati		ECR 69
	classe "d/D"	dosaggio (litri/m ²)	Dosaggio (Kg/m ²)
monostrato	4/6	6.0 ÷ 7.0	1.30
monogranigliatura	6/10	8.0 ÷ 10.0	1.50
bistrato doppia granigliatura	I° strato: 6/10	8.0 ÷ 9.0	1.40
	II° strato: 2/4	5.0 ÷ 6.0	1.10
	I° strato: 8/12	9.0 ÷ 10.0	1.50
	II° strato: 4/6	6.0 ÷ 7.0	1.40

I quantitativi indicati in **Tabella 7.1.4** potranno essere variati dalla Direzione Lavori, senza che l'Impresa possa avanzare richieste di maggiori compensi, in funzione dello spessore medio dello strato considerato desunto dalle caratteristiche di appiattimento

degli aggregati impiegati. Tale dosaggio deve inoltre tenere conto del volume di traffico previsto ($\pm 15\%$ con incrementi al diminuire del numero di veicoli), del clima ($\pm 10\%$ con aumenti per le zone più fredde) e delle caratteristiche superficiali della pavimentazione esistente; in particolare per superfici lisce ricche di bitume potrà essere prevista una riduzione di detto dosaggio che potrà invece essere aumentato nel caso di superfici rugose, povere di bitume ed eventualmente parzialmente porose.

Anche in questo caso sarà compito della Direzione Lavori stabilire il corretto quantitativo di legante, in funzione delle specifiche condizioni, senza che l'Impresa abbia diritto a maggiori compensi.

Ai fini dell'accettazione dei materiali, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del trattamento superficiale tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

In alcuni casi, per interventi di particolare importanza, i dosaggi devono essere verificati ed adattati alle specifiche circostanze mediante prove preliminari in vera grandezza predisponendo studi di tipo prestazionale, supportati da indagini di laboratorio eseguite con il metodo ASTRA.

7.1.2 – ATTREZZATURE DI CANTIERE

Per l'esecuzione dei trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo, l'attrezzatura essenziale di cantiere è costituita dai mezzi meccanici elencati di seguito:

motospazzatrice: deve essere di tipo semovente tale da garantire la rotazione e la perfetta funzionalità delle spazzole (non metalliche);

cisterna spruzzatrice: deve essere di tipo semovente con dispositivo autonomo di riscaldamento e munita di pompa per l'alimentazione della rampa di spruzzaggio del legante. Quest'ultima deve assicurare l'uniforme distribuzione (sia in senso longitudinale che trasversale) del legante sulla superficie stradale secondo la quantità prestabilita, con accurato controllo del dosaggio;

spandigraniglia: è costituita, nel più semplice dei casi da un sistema di ripartizione a pettine montato sulla parte terminale posteriore del cassone a ribaltamento idraulico di un autocarro. Lo spandigraniglia può essere anche rimorchiato con altezza dei pettini tale da risultare molto vicini a terra (max 30 cm.). In ogni caso la granigliatrice deve essere in grado di assicurare la distribuzione degli aggregati in maniera uniforme e continua secondo le quantità di pietrischetto o graniglie prestabilite;

rulli: possono essere metallici e/o gommati. Il tipo a ruote multiple gommate con battistrada liscio deve essere in grado di esercitare una pressione non inferiore a 0.6 N/mm^2 . I rulli metallici devono essere vibranti e dotati di cilindri rivestiti di gomma allo scopo di evitare lo schiacciamento del granulato.

In alternativa alla cisterna spruzzatrice e allo spandigraniglia, è raccomandato l'utilizzo di apposite macchine polivalenti in grado di effettuare simultaneamente la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo un migliore rivestimento dei granuli da parte del legante.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

7.1.3 – PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

La pavimentazione esistente deve presentare una superficie priva di degradazioni intense (es. ormaie, avvallamenti e fessurazioni estese) tali da compromettere l'efficacia del trattamento. Eventuali fessure longitudinali o di giunto dovranno essere sigillate

preventivamente in modo da predisporre un manto stradale continuo per uniformare il dosaggio di legante.

Nel caso che la superficie si presenti eccessivamente sporca, la Direzione Lavori ha la facoltà di ordinare all'Impresa interventi di pulizia senza che ne derivino compensi aggiuntivi.

7.1.4 – POSA IN OPERA

L'esecuzione del trattamento non deve essere effettuata se la temperatura superficiale della pavimentazione risulta inferiore a 10°C, se la temperatura dell'aria è minore di 10°C, in caso di pioggia oppure di strada bagnata.

L'intervento ha inizio con la spruzzatura dell'emulsione secondo il dosaggio prestabilito. Durante la stesa dell'emulsione deve essere controllata la ripartizione del legante trasversalmente alla strada; la cisterna spruzzatrice deve inoltre assicurare ovunque l'uniformità di dosaggio. Eventuali giunti longitudinali non devono essere ubicati nelle zone della carreggiata più battute dalle ruote dei veicoli. La larghezza della striscia spruzzata deve essere compatibile con la larghezza copribile con un passaggio di spandigraniglia il quale deve seguire la spruzzatrice ad una distanza massima di 40 m. La rullatura deve avvenire alla stessa distanza dallo spandigraniglia eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le prime tre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

Nel caso di trattamenti monostrato l'esecuzione termina con la rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura ovvero dopo le prime 24 ore di apertura al traffico veicolare a velocità limitata.

Per i trattamenti bistrato, l'applicazione della seconda mano di legante non deve causare sovrapposizioni dei "giunti" longitudinali di spruzzatura. I granulati di rigetto dal bordo della prima banda di stesa devono essere eliminati prima della spruzzatura della banda adiacente.

Seguirà la seconda stesa degli aggregati mediante spandigraniglia che deve passare sugli inerti stesi in modo da non asportare il legante fresco. Successivamente si deve effettuare una rullatura analoga a quella descritta per la compattazione del primo strato eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le prime tre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

Anche in questo caso al termine dell'esecuzione del trattamento si deve provvedere alla rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura ovvero dopo le prime 24 ore di apertura al traffico veicolare a velocità limitata.

In ogni caso si deve garantire che al termine della giornata lavorativa, sulla superficie di intervento sia stato eseguito anche il secondo strato.

Nel caso di cantieri ad elevato rendimento (superiori a 10.000 m²/giorno) è indispensabile la presenza di due compattatori. Anche nel caso dei trattamenti bistrato, una volta eseguita la rullatura della seconda granigliatura, occorre eliminare gli aggregati di rigetto mediante una spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura.

L'apertura al traffico, al termine dell'esecuzione del trattamento superficiale, deve prevedere la limitazione della velocità dei veicoli a 60 Km/h per le strade più importanti, e a 30 Km/h per quelle secondarie, per un periodo di almeno 24 ore.

A seconda delle condizioni riscontrate dopo questo primo giorno di traffico la Direzione Lavori si riserva la facoltà di far passare la spazzatrice per eliminare ulteriormente il rigetto.

L'apertura al traffico è fondamentale per il completamento e la finitura del mosaico di incastro del trattamento; in caso di pioggia successiva alla stesa la strada non deve essere riaperta al traffico.

7.1.5 – CONTROLLI

Il controllo della qualità dei trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella **Tabella 7.1.5**.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; di essi uno viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Nel caso di prove o prelievi in situ, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km).

Tabella 7.1.5

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.1.1
Aggregato	deposito di stoccaggio	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.1.2 e 7.1.3
emulsione bituminosa	autobotte spruzzatrice	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.1.1
Aggregato	tramoggia spandigraniglia	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.1.2 e 7.1.3
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 5 % del valore risultante dallo studio del trattamento
dosaggio aggregati	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 10 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (CAT) oppure ogni 100 m (BPN)	CAT ≥ 0,65 (media/50 m) BPN ≥ 65
macrorugosità	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (HS) oppure ogni 100 m (HS)	HS ≥ 0,7 mm (media/50 m) HS ≥ 0,7 mm (per misure puntuali/100 m)

Dosaggi e qualità dei materiali La verifica di qualità dell'emulsione bituminosa e degli aggregati lapidei deve avvenire con frequenza settimanale oppure ogni 50000 m² di stesa; il controllo sui dosaggi dei materiali, oltre che in corso d'opera ogni 500 m di fascia di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m²; in ogni caso quantitativi impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del ± 5% per il legante e ± 10% per gli aggregati. Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

Aderenza e rugosità Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,65. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 65.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,7 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a

rilievo continuo⁵ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS in continuo devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT (ovvero BPN) o di HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") sia inferiore ai valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,30 mm l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del trattamento e al rifacimento dello stesso.

Controllo visivo Il controllo visivo dello strato finito deve avvenire tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico della strada secondo un criterio che prevede la suddivisione del trattamento in maglie di superficie S_m lunghe 100 m aventi larghezza pari a quella di una corsia. L'aspetto visivo della generica maglia si valuta determinando il rapporto tra la somma ponderata della superficie degradata S_d e quella della maglia di riferimento S_m . In particolare il calcolo di S_d è dato dalla seguente espressione:

$$S_d = S_r + 0.5 \times S_p + S_{pl}$$

in cui S_r = superficie che presenta trasudamenti di legante
 S_p = superficie che presenta asportazione di elementi lapidei
 S_{pl} = superficie che presenta asportazione a placche del trattamento

I livelli qualitativi per l'aspetto visivo e le relative penali da applicare al trattamento eseguito sono riportate in **Tabella 7.1.6**.

Tabella 7.1.6			
Livello qualitativo	Aspetto visivo V_i		Penali sul prezzo della singola maglia S_m
SCADENTE	$S_d/S_m > 8 \%$	V_0	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato; rimozione e rifacimento completo del trattamento nella maglia considerata se $S_d/S_m > 15 \%$
SUFFICIENTE	$S_d/S_m \leq 8 \%$	V_1	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato
DISCRETO	$S_d/S_m \leq 5 \%$	V_2	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato, ridotta del 4 % (es. $S_d/S_m = 3 \%$ → penale = $2 \times 3 - 4 = 2 \%$)
BUONO	$S_d/S_m \leq 2 \%$	V_3	nessuna detrazione

⁵ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

7.2 Microtappeti a freddo (slurry seals)

I microtappeti a freddo sono interventi finalizzati al miglioramento dell'aderenza e dell'impermeabilità superficiali di pavimentazioni flessibili. Essi consistono nella stesa in strati sottili di malte bituminose irruvidite, ottenute miscelando aggregati lapidei di qualità con emulsioni bituminose elastomerizzate ed idonei additivi, con eventuale aggiunta di acqua e di fibre.

7.2.1 – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Legante Il legante impiegato è una emulsione bituminosa elastomerizzata a rottura controllata, con 60 % oppure 65 % di bitume, caratterizzata da un legante residuo le cui caratteristiche sono riportate in **Tabella 7.2.1**.

			Tabella 7.2.1
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>requisito</i>
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 60
Punto di rottura Fraass	CNR 35/73	°C	< -14
% di elastomero sul peso di bitume	-	%	3.5 ÷ 5.0

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Aggregati Gli aggregati lapidei sono costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee; essi devono soddisfare particolari requisiti in termini di granulometria, forma, pulizia, e resistenza meccanica.

Aggregato grosso L'aggregato grosso, le cui caratteristiche sono riportate in **Tabella 7.2.2**, deve essere ottenuto esclusivamente dalla frantumazione di rocce di cava.

		Tabella 7.2.2
<i>Parametro</i>	<i>normativa</i>	<i>requisito</i>
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 18
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	≤ 12
CLA	CNR 140/92	≥ 45
Spogliamento	CNR 138/92	0
Sensibilità al gelo (‡)	CNR 80/80	≤ 20
Indice di appiattimento	CNR 95/84	≤ 15
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.		
(‡) in zone considerate soggette a gelo		

Aggregato fino L'aggregato fino, le cui caratteristiche sono riportate in **Tabella 7.2.3** deve essere composto da sabbia di frantumazione. In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia deve garantire una buona tenacità.

In ogni caso la somma dei trattenuti in peso delle sabbie impiegate maggiore a 2 mm (maglia quadra) non deve superare nella curva granulometrica finale il 10 % in peso quando le stesse sabbie provengono da rocce aventi un valore di C.L.A. □0,43.

Tabella 7.2.3

<i>Parametro</i>	<i>normativa</i>	<i>requisito</i>
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 18
CLA	CNR 140/92	≥ 45
Equivalente in sabbia ES	CNR 27/72	≥ 80
(*) ricavato sulla roccia di origine per la classe C .		

Filler Il filler provenienti dalla frazione fina degli aggregati potranno essere integrati con filler di apporto costituito normalmente da cemento Portland 325 oppure da polvere di roccia calcarea, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per microtapeti a freddo deve soddisfare i requisiti indicati in **Tabella 7.2.4**.

			Tabella 7.2.4
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>requisito</i>
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dei materiali tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Acqua L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo deve essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque ritenute dannose.

7.2.2 – MISCELE

Le miscele devono avere una composizione diversa in funzione dello spessore finale che si intende ottenere; in **Tabella 7.2.5** sono riportati i requisiti granulometrici e delle miscele per i diversi tipi di soluzione.

				Tabella 7.2.5
SPESSORE	3 mm	6 mm	9 mm	
Granulometria				
Passante al crivello 15 mm	-	-	100	
Passante al crivello 10 mm	100	100	85 ÷ 100	
Passante al crivello 5 mm	85 ÷ 100	55 ÷ 85	55 ÷ 75	
Passante al setaccio 2 mm	58 ÷ 83	30 ÷ 55	30 ÷ 55	
Passante al setaccio 0.40 mm	22 ÷ 36	14 ÷ 28	14 ÷ 28	
Passante al setaccio 0.18 mm	11 ÷ 22	8 ÷ 19	8 ÷ 19	
Passante al setaccio 0.075 mm	6 ÷ 10	5 ÷ 10	4 ÷ 10	
Miscela				
Dosaggio della malta (Kg/m ²)	6 ÷ 10	8 ÷ 14	13 ÷ 20	
D _{max} aggregati (mm)	5 ÷ 6	7 ÷ 9	10 ÷ 12	
Bitume residuo (% peso aggregati)	7 ÷ 10	6 ÷ 8	5 ÷ 7.5	

Additivi Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che aggiunti al bitume consentono di migliorarne le caratteristiche. Per favorire una distribuzione uniforme l'aggiunta deve avvenire per soluzione acquosa durante la preumidificazione.

Attivanti di adesione Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego (temperatura ambientale e del piano di posa), della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nella **Tabella 7.2.2.**

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Fibre Le fibre minerali possono essere aggiunte alla malta bituminosa, mediante idonea apparecchiatura, allo scopo di favorire l'esecuzione dei microtappeti conferendo maggiore consistenza e stabilità al momento dell'applicazione quando ancora non è avvenuta la rottura dell'emulsione.

Le fibre minerali devono possedere i requisiti indicati in **Tabella 7.2.6** e vanno aggiunte con percentuali in peso riferite agli aggregati variabili tra lo 0,6% e 1,0%.

Tabella 7.2.6		
CARATTERISTICHE	Unità	Valore
Peso del filo	tex (g/Km)	30 ± 2
Diametro medio del filo	micron	15 ± 1
Peso nominale/lineare della matassa	tex (g/Km)	2400 ± 15
Resistenza alla trazione	MPa	2400 ÷ 3400
Allungamento massimo	%	3,5
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 700

I dosaggi indicati in **Tabella 7.2.5** sono da ritenersi orientativi rispetto a quelli che devono essere formulati sulla base di studi specifici in relazione all'intervento da realizzare. Tali indagini di laboratorio devono consentire di valutare, oltre ai dosaggi di bitume residuo e degli aggregati, anche la compatibilità tra emulsione bituminosa ed aggregato lapideo, gli effetti dovuti all'apporto del filler e degli additivi, il quantitativo dell'eventuale acqua di apporto, il tempo di lavorabilità della malta.

7.2.3 – ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica per l'aggregato grosso gli scostamenti delle singole percentuali devono essere al massimo pari a ± 3 %; per l'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) il limite dello scostamento ammissibile è pari a ± 2 % mentre per il passante al setaccio UNI 0,075 mm sono ammesse variazioni non superiori a ± 1,5 %.

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di ± 0,25.

Tali valori devono essere soddisfatti dai risultati ricavati sulle miscele prelevate durante la stesa.

7.2.4 – CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA

Prima della realizzazione del microtappeto a freddo si deve procedere alla preparazione del piano di posa mediante pulizia della superficie stradale (rimozione di detriti, polveri e sostanze estranee), sigillatura delle fessure, riprofilatura dei tratti deformati, eventuale umidificazione del supporto se completamente asciutto e caldo.

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

In particolari situazioni la Direzione Lavori potrà ordinare, dopo la stesa della malta e prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione del microtappeto prevedendo la stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 Kg di sabbia/m² di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati. Nei casi in cui siano presenti zone caratterizzate da elevate sollecitazioni tangenziali, è possibile effettuare una doppia stesa della malta bituminosa.

Al termine delle operazioni di stesa il microtappeto deve presentare un aspetto superficiale regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

In zone caratterizzate da elevate sollecitazioni superficiali tangenziali (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa sia leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura deve essere effettuata con apposito rullo gommato leggero in grado di simulare l'azione del traffico veicolare, munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

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

7.2.5 – CONTROLLI

Il controllo della qualità dei microtappeti a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella **Tabella 7.2.7**.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, il rimanente resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Nel caso di prove o prelievi in sito, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza < 1 Km).

Dosaggi e qualità dei materiali La verifica di qualità dei materiali deve avvenire con frequenza settimanale oppure ogni 50000 m² di stesa; il controllo sui dosaggi, oltre che in corso d'opera ogni 500 m di fascia di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m²; in ogni caso quantitativi di legante impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del ± 5%. Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

Aderenza e rugosità Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,65. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 65.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,7 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo⁵ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS in continuo devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT, ovvero BPN, e di HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con "mini texture meter"), sia inferiore ai valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,30 mm, l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del microtappeto a freddo e al rifacimento dello stesso.

Tabella 7.2.7

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.2.1
Aggregati e filler	Deposito	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.2.2, 7.2.3 e 7.2.4
emulsione bituminosa	Serbatio	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabella 7.2.1
Aggregati e filler	Tramoggia	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.2.2, 7.2.3 e 7.2.4
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 5 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (CAT) oppure ogni 100 m (BPN)	CAT ≥ 0,65 (media/50 m) BPN ≥ 65
macrorugosità	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (HS) oppure ogni 100 m (HS)	HS ≥ 0,7 mm (media/50 m) HS ≥ 0,7 mm (per misure puntuali/100 m)

⁵ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

7.3 Trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo

I trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo vengono realizzati su pavimentazioni in misto granulare non legato caratteristiche di strade a basso volume di traffico. Essi hanno lo scopo di migliorare la regolarità, l'aderenza e l'impermeabilità superficiale e normalmente sono realizzati in alternativa ai manti di usura tradizionali in conglomerato bituminoso.

Il trattamento prevede l'impregnazione della pavimentazione esistente seguita da due applicazioni di emulsione bituminosa saturata con graniglia.

Il risultato finale realizza un manto intimamente legato alla superficie trattata, con caratteristiche di plasticità tali da seguire senza danno eventuali assestamenti del sottofondo.

7.3.1 – MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Legante Per la realizzazione dell'impregnazione, deve essere utilizzata una emulsione bituminosa cationica a rottura media caratterizzata dai requisiti di accettazione indicati in **Tabella 7.3.1**.

			Tabella 7.3.1
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>ECM 55</i>
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	45±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	55±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	≤ 8
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	≤ 5
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	≥ 200
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	≥ 20

Per la seconda e terza applicazione, deve essere previsto l'impiego di una emulsione bituminosa cationica a rottura rapida caratterizzata dai requisiti di accettazione indicati in **Tabella 7.3.2**. è ammesso l'uso di emulsioni con diversa % di legante purché siano rispettati i requisiti del bitume residuo indicati in **Tabella 7.3.2** ed i relativi dosaggi.

			Tabella 7.3.2
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>ECR 65</i>
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	35±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	65±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	≤ 4
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	≥ 15
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	≤ 8
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	≤ 180
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	≥ 40

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Aggregati Gli aggregati devono essere puliti, esenti da parti fini (< 1 mm) o da materiali estranei. Sono costituiti da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, raggruppabili in classi d/D la cui granulometria deve rientrare nei limiti indicati in **Tabella 7.3.3**.

Tabella 7.3.3					
classificazione CNR	classe "d/D" (mm)	% trattenuto "D"	% passante "d"	% passante 0.5 mm	% passante 0.05 mm
pietrischetto	12/18	≤ 10 (¶)	≤ 10 (¶)	≤ 0.5	≤ 0.05
pietrischetto	8/12				
graniglia	4/8				
In accordo con la norma CNR 139/92 le dimensioni d,D sono riferite alle aperture di setacci a maglie quadre					
(¶) la somma della frazioni % maggiore di "D" e minore di "d" deve comunque essere inferiore al 15%					

Per gli aggregati è consentito l'impiego, in alternativa a quelle riportate in **Tabella 7.3.3**, di classi diverse purché di dimensioni prossime fermi restando i criteri che fissano i requisiti granulometrici di accettazione.

Le caratteristiche fisiche, geometriche e meccaniche devono essere tali da garantire discreta resistenza all'urto e all'abrasione, secondo le specifiche riportate in **Tabella 7.3.4**.

Tabella 7.3.4		
Caratteristiche aggregati lapidei	normativa di riferimento	requisito
Los Angeles (*)	CNR 34/73	≤ 30
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	≤ 25
CLA	CNR 140/92	≥ 37
Spogliamento	CNR 138/92	0
Sensibilità al gelo (¶)	CNR 80/80	≤ 20
Indice di appiattimento	CNR 95/84	≤ 25
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.		
(¶) in zone considerate soggette a gelo		

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Dosaggi Per la realizzazione dei trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo i dosaggi orientativi di graniglia e di emulsione bituminosa per unità di superficie sono riportati in **Tabella 7.3.5**.

Tipo di trattamento		Aggregati		emulsione dosaggio (Kg/m ²)
		classe "d/D"	dosaggio (litri/m ²)	
I° strato (impregnazione)	granigliatura	12/18	14.0 ÷ 15.0	3.00 (ECM 55)
	prima mano			
	granigliatura	12/18	9.0 ÷ 10.0	
II° strato	seconda mano			1.50 (ECR 65)
	granigliatura	8/12	9.0 ÷ 10.0	
III° strato	terza mano			1.50 (ECR 65)
	granigliatura	4/8	6.0 ÷ 7.0	

Per la formazione del II° e III° strato, i quantitativi indicati in **Tabella 7.3.5** potranno essere variati dalla Direzione Lavori, senza che l'Impresa possa avanzare richieste di

maggiori compensi, in funzione dello spessore medio dello strato considerato desunto dalle caratteristiche di appiattimento degli aggregati impiegati. Tale dosaggio deve inoltre tenere conto del volume di traffico previsto ($\pm 15\%$ con incrementi al diminuire del numero di veicoli), del clima ($\pm 10\%$ con aumenti per le zone più fredde).

Ai fini dell'accettazione dei materiali, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del trattamento superficiale tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

7.3.2 – ATTREZZATURE DI CANTIERE

Per l'esecuzione dei trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo, l'attrezzatura essenziale di cantiere è costituita dai mezzi meccanici elencati di seguito:

- autobotte dotata di barra spruzzatrice: deve consentire l'umidificazione con acqua dello strato di fondazione in misto granulare secondo i dosaggi stabiliti dalla Direzione Lavori.
- motospazzatrice: deve essere di tipo semovente tale da garantire la rotazione e la perfetta funzionalità delle spazzole (non metalliche);
- cisterna spruzzatrice: deve essere di tipo semovente con dispositivo autonomo di riscaldamento e munita di pompa per l'alimentazione della rampa di spruzzaggio del legante. Quest'ultima deve assicurare l'uniforme distribuzione (sia in senso longitudinale che trasversale) del legante sulla superficie stradale secondo la quantità prestabilita, con accurato controllo del dosaggio;
- spandigraniglia: è costituita, nel più semplice dei casi da un sistema di ripartizione a pettine montato sulla parte terminale posteriore del cassone a ribaltamento idraulico di un autocarro. Lo spandigraniglia può essere anche rimorchiato con altezza dei pettini tale da risultare molto vicini a terra (max 30 cm.). In ogni caso la granigliatrice deve essere in grado di assicurare la distribuzione degli aggregati in maniera uniforme e continua secondo le quantità di pietrischetto o graniglie prestabilite;
- Rulli: possono essere metallici e/o gommati. Il tipo a ruote multiple gommate con battistrada liscio deve essere in grado di esercitare una pressione non inferiore a 0.6 N/mm^2 . I rulli metallici devono essere vibranti e dotati di cilindri rivestiti di gomma allo scopo di evitare lo schiacciamento del granulato.

In alternativa alla cisterna spruzzatrice e allo spandigraniglia, è raccomandato l'utilizzo di apposite macchine polivalenti in grado di effettuare simultaneamente la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo un migliore rivestimento dei granuli da parte del legante.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

7.3.3 – PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

- Eventuale risagomatura del piano di posa con stabilizzato in misto granulare di pezzatura 0-30 mm, opportunamente steso e compattato;
- delimitazione e protezione dei margini della superficie di intervento: prima di dare inizio all'esecuzione del trattamento superficiale di depolverizzazione, l'Impresa deve delimitare i bordi della superficie di intervento con un arginello in sabbia o graniglia allo scopo di profilare i margini del trattamento finito. Ultimato il trattamento, resta a carico dell'Impresa l'ulteriore profilatura mediante asportazione delle materie esuberanti e colmatura delle parti mancanti con pietrischetto bitumato.

7.3.4 – POSA IN OPERA

L'esecuzione del trattamento non deve essere effettuata se la temperatura superficiale della pavimentazione risulta inferiore a 10°C, se la temperatura dell'aria è minore di 10 °C, in caso di pioggia oppure di piano di posa eccessivamente umido e/o con ristagni di acqua.

I° strato (impregnazione) L'esecuzione del trattamento prevede inizialmente la stesa di pietrischetto di pezzatura 12/18 e successiva umidificazione del piano di posa con autobotte dotata di barra spruzzatrice; successivamente si applica la prima mano di emulsione bituminosa al 55 % di legante con apposita autocisterna spanditrice dotata di impianto di riscaldamento autonomo, di barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile e di tutte le strumentazioni per il controllo del dosaggio durante la stesa.

La cisterna spruzzatrice deve inoltre assicurare ovunque l'uniformità di dosaggio. Eventuali giunti longitudinali non devono essere ubicati nelle zone della carreggiata più battute dalle ruote dei veicoli. La larghezza della striscia deve essere compatibile con la larghezza copribile con un passaggio di spandigraniglia il quale deve seguire la spruzzatrice ad una distanza massima di 40 m per l'applicazione del pietrischetto 12/18 mm secondo i dosaggi stabiliti.

La realizzazione del primo strato si conclude con una rullatura che anch'essa a non più di 40 m dallo spandigraniglia eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le prime tre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

II° e III° strato Per l'esecuzione del secondo strato è prevista l'applicazione di emulsione bituminosa al 65 % di legante a cui segue l'applicazione della graniglia di saturazione 8/12 secondo i dosaggi stabiliti; il terzo ed ultimo strato si realizza in modo analogo prevedendo l'utilizzo come aggregati di ricoprimento di una graniglia 4/8.

L'applicazione della seconda e terza stesa di legante non deve causare sovrapposizioni dei "giunti" longitudinali di spruzzatura. I granulati di rigetto dal bordo della prima banda di stesa devono essere eliminati prima della spruzzatura della banda adiacente.

Al termine dell'esecuzione del trattamento, deve essere effettuata una rullatura analoga a quella descritta per la compattazione del primo strato eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2÷3 Km/h per le prime tre e di 8÷10 Km/h per le rimanenti.

In ogni caso si deve garantire che al termine della giornata lavorativa, sulla superficie di intervento sia stato eseguito il terzo strato.

L'Impresa è inoltre tenuta a provvedere alla rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo i primi 7 giorni di apertura al traffico veicolare a velocità limitata certamente non superiore a 40 Km/h.

L'apertura al traffico è fondamentale per il completamento e la finitura del mosaico di incastro del trattamento; in caso di pioggia successiva alla stesa la strada non deve essere riaperta al traffico.

7.3.5 – CONTROLLI

Il controllo della qualità dei trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella **Tabella 7.3.6**.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Nel caso di prove o prelievi in sito, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km).

Tabella 7.3.6

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.1 e 7.3.2
Aggregato	deposito di stoccaggio	Settimanale oppure ogni 50000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.3 e 7.3.4
emulsione bituminosa	autobotte spruzzatrice	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.1 e 7.3.2
Aggregato	tramoggia spandigraniglia	giornaliero oppure ogni 10000 m ² di stesa	Riferimento Tabelle 7.3.3 e 7.3.4
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 5 % del valore risultante dallo studio del trattamento
dosaggio aggregati	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	± 10 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	ogni 100 m	BPN ≥ 60
macrorugosità	Pavimentazione	ogni 100 m	HS ≥ 0,7 mm

Dosaggi e qualità dei materiali La verifica di qualità dell'emulsione bituminosa e degli aggregati lapidei deve avvenire con frequenza settimanale oppure ogni 50000 m² di stesa; il controllo sui dosaggi dei materiali, oltre che in corso d'opera ogni 500 m di fascia di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m²; in ogni caso quantitativi impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del ± 5% per il legante e ± 10% per gli aggregati. Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

Aderenza e rugosità La resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60. L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,7 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo⁵ devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni. Qualora il valore medio di BPN o di HS sia inferiore ai valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15 % del suo costo. Nei casi in cui il valore medio di BPN o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 50 e 0,30 mm l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del trattamento e al rifacimento dello stesso.

Controllo visivo Il controllo visivo dello strato finito deve avvenire tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico della strada, secondo un criterio che prevede la suddivisione del trattamento in maglie di superficie S_m lunghe 100 m aventi larghezza pari a quella di una corsia. L'aspetto visivo della generica maglia si valuta determinando il rapporto tra la somma ponderata della superficie degradata S_d e quella della maglia di riferimento S_m. In particolare il calcolo di S_d è dato dalla seguente espressione:

$$S_d = S_r + 0.5 \times S_p + S_{pl}$$

in cui S_r = superficie che presenta trasudamenti di legante
S_p = superficie che presenta asportazione di elementi lapidei

⁵ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

S_{pi} = superficie che presenta asportazione a placche del trattamento

I livelli qualitativi per l'aspetto visivo e le relative penali da applicare al trattamento eseguito sono riportate in **Tabella 7.3.7**.

Tabella 7.3.7			
Livello qualitativo	Aspetto visivo V_i		Penali sul prezzo della singola maglia S_m
SCADENTE	$S_d/S_m > 8 \%$	V_0	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato; rimozione e rifacimento completo del trattamento nella maglia considerata se $S_d/S_m > 15 \%$
SUFFICIENTE	$S_d/S_m < 8 \%$	V_1	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato
DISCRETO	$S_d/S_m < 5 \%$	V_2	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto S_d/S_m calcolato, ridotta del 4 % (es. $S_d/S_m = 3 \%$ → penale = $2 \times 3 - 4 = 2 \%$)
BUONO	$S_d/S_m < 2 \%$	V_3	nessuna detrazione