

PROVINCIA DI CREMONA
c.f. 80002130195
UFFICIO TECNICO
SETTORE MANUTENZIONE STRADE E VIABILITA'
Via Bella Rocca, 7 - 26100 Cremona - Tel. 4061

S.P.CReX S.S. n°10 “Padana Inferiore”
LAVORI DI MANUTENZIONE PERIODICA MEDIANTE
RISAGOMATURA E CONSOLIDAMENTO DEL PIANO VIABILE –
INTERVENTI URGENTI DI RIPRISTINO DELLA SOVRASTRUTTURA
STRADALE DI ALCUNI TRATTI

ESTRATTO

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

CAPO III
MODALITA' DI ESECUZIONE E NORME DI MISURAZIONE DELLE
LAVORAZIONI, REQUISITI DI ACCETTAZIONE DI MATERIALI E
COMPONENTI, SPECIFICHE DI PRESTAZIONE E MODALITA' DI PROVE

Miscela

Vengono ora elencati i requisiti minimi di accettazione che dovranno possedere i conglomerati bituminosi sia normali che modificati da utilizzare per la costruzione di strati di base, collegamento ed usura.

1) Conglomerati bituminosi per strati di base

	norm ale	mod. tipo1	mod."anti -richiamo lesioni"	mod."ad alto modulo"	tiepido." ad alto modulo"	metodo di prova
-prova Marshall a 60°C						CNR B.U.n°30\73
-stabilità, Kg	≥800	≥1000	≥600	≥1600	≥1500	
-scorrimento, mm	2-4	2-4	2-4	2-4	2-4	
-rigidezza, Kg/mm	≥250	≥350	≥230	≥400	≥400	
-stabilità Marshall dopo 24 h in acqua a 60°C, % sul valore originale	≥80	≥90	≥90	≥90	≥90	CNR B.U.n°30\73
-vuoti residui Marshall, % sul volume	4-6	4-6	15-20	3-5	3-5	CNR B.U.n°39\73
-resistenza a trazione indiretta, Kg/cm ²	≥4	≥6	≥6	≥13	≥11	CNR B.U.n°134\91

Per i conglomerati speciali "ad alto modulo complesso" si deve aggiungere la prova di deformazione a carico statico a 40°C, 30 minuti (CNR B.U.n°136\91):

- a 10,5 Kg/cm² impronta ≤ 1 mm
- a 30 Kg/cm² impronta ≤ 1,5 mm
- a 50 Kg/cm² impronta ≤ 2 mm

Qualora sia previsto un intervento di risagomatura e consolidamento con mista "ad alto modulo complesso" che non comprenda alcuno strato sovrastante, la percentuale di vuoti residui Marshall dovrà essere compresa tra il 2 e il 4 sul volume.

2) Conglomerati bituminosi per strati di collegamento

	normale	mod. tipo 2	metodo di prova
-prova Marshall a 60°C			CNR B.U.n°30\73
-stabilità, Kg	≥900	≥1100	
-scorrimento, mm	2-4	2-4	
-rigidezza, Kg\mm	≥300	≥400	
-stabilità Marshall dopo 24 h in acqua a 60°C, % sul valore originale	≥80	≥90	CNR B.U.n°30\73
-vuoti residui Marshall, % sul volume	3-5	3-5	CNR B.U.n°39\73
-resistenza a trazione indiretta, Kg\cm ²	≥5	≥8	CNR B.U.n°134\91

3) Conglomerati bituminosi per strati d'usura

	normale	mod. tipo 3	Tiepido antiskid	metodo di prova
-prova Marshall a 60°C				CNR B.U.n°30\73
-stabilità, Kg	≥1000	≥1200	≥1200	
-scorrimento, mm	2-4	2-4	2-4	
-rigidezza, Kg\mm	≥400	≥400	≥400	
-stabilità Marshall dopo 24 h in acqua a 60°C, % sul valore originale	≥80	≥90	≥90	CNR B.U.n°30\73
-vuoti residui Marshall, % sul volume	2-4	2-4	2-4	CNR B.U.n°39\73
-resistenza a trazione indiretta, Kg\cm ²	≥6	≥9	≥9	CNR B.U.n°134\91

Per quanto riguarda i “manti d'usura ad alto modulo” il valore di stabilità Marshall dovrà comunque essere >1600 Kg.

CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI

Queste miscele uniscono ottimi requisiti prestazionali ad una temperatura di stesa relativamente bassa; attraverso l'aggiunta all'impianto di additivi inorganici (zeolite) o, alternativamente, combinando un bitume ad elevata penetrazione con un bitume a bassissima penetrazione, o, alternativamente, inserendo umidità nella parte sabbiosa della miscela, si riesce infatti a produrre, con le stesse qualità prestazionali del conglomerato tradizionale, conglomerato bituminoso cosiddetto "tiepido" e cioè prodotto e posato a temperature di circa 40 °C inferiori rispetto al tradizionale.

Come legante sarà utilizzato bitume a media penetrazione (tipo 50\70) qualora la realizzazione del conglomerato tiepido avvenga con aggiunta di zeolite ovvero umidificazione della sabbia; viceversa, qualora il metodo sia quello di miscelare gli aggregati dapprima con un bitume soffice e successivamente con un bitume a bassa penetrazione, questi due bitumi dovranno essere rispettivamente di tipo 15/30 e 300.

Conglomerati bituminosi tiepidi per strati di base "ad alto modulo complesso"

Questi conglomerati devono essere utilizzati come strati di base portanti qualora le condizioni di portanza della sovrastruttura esistente si presentassero alquanto carenti.

La curva granulometrica da impiegare, nella quale la quantità della sabbia di fiume non potrà superare il 20% in peso sul totale delle sabbie, dovrà essere compresa entro i seguenti limiti:

- passante al crivello UNI 30	100%
- " " " " 20	80-100%
- " " " " 10	60-80%
- " " " " 5	48-65%
- " " setaccio " 2	35-48%
- " " " " 0,4	18-28%
- " " " " 0,18	8-18%
- " " " " 0,075	6-8%

Per spessori soffici maggiori o uguali di 10 cm la curva dovrà essere prossima al limite inferiore, per spessori soffici minori o uguali a 8 cm dovrà essere prossima a quello superiore.

Per quel che riguarda la percentuale ottima di legante l'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori, dichiarata la curva granulometrica che intende utilizzare, dovrà far eseguire a proprie spese presso un laboratorio accreditato di fiducia della Provincia il preventivo studio di

ottimizzazione, integrando l'usuale esame del comportamento a compressione con la prova a trazione indiretta.

La percentuale di bitume dovrà comunque essere non minore del 4% per curve prossime ai limiti inferiori del fuso indicato e non superiore al 6% per curve prossime ai limiti superiori del fuso indicato; ciò comunque al fine di assicurare una percentuale di vuoti residui in opera compresi tra 4% e 6%.

Il rapporto filler/bitume dovrà mantenersi tra 1,1 e 1,7.

Tutte le percentuali sono riferita al peso della miscela degli inerti.

Per il confezionamento e la posa dei conglomerati "ad alto modulo" si possono utilizzare gli stessi impianti e le stesse attrezzature relative ai conglomerati tradizionali, inserendo all'impianto le modifiche del caso, qualora si utilizzi il metodo dei due bitumi

Il conglomerato dovrà essere posato a temperature non superiori a 110 °C ma tali da consentire un compattamento che assicuri un indice di vuoti residui in opera compresi tra 3% e 5% a garanzia delle caratteristiche meccaniche dello strato. Il costipamento dovrà essere effettuato appena dopo la stesa, poichè il raffreddamento del materiale potrebbe compromettere in modo irreversibile la riuscita del lavoro a regola d'arte. Tale compattazione dovrà essere realizzata possibilmente con rulli gommati di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche e condotta a termine senza interruzione; il rullo a pneumatici dovrà essere carico per ruota superiore a 2 t e carico totale a 18 t.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche con peso minimo di 10 t solo per le operazioni di finitura superficiale dei giunti.

La cilindratura dovrà essere continuata fino ad ottenere un sicuro costipamento; al termine della cilindratura il grado di costipamento in opera dovrà essere $\geq 95\%$ di quello ottenuto mediante la prova Marshall. Ciò si potrà verificare mettendo in relazione il peso specifico di assaggi a carotaggio eseguiti in corso d'opera con il risultato della prova relativa alla determinazione della massa volumica apparente dei provini Marshall.

Conglomerati bituminosi tiepidi per manti antiskid

Questa tipologia di manto d'usura sarà utilizzata su tratti di strada nei quali il coefficiente di attrito trasversale del pneumatico deve essere massimizzato.

Per ottenere buoni risultati con l'applicazione di questo trattamento si dovranno osservare alcune indicazioni:

- utilizzare una dimensione massima dell'aggregato lapideo più grossa rispetto a quella usuale dei conglomerati chiusi per manti d'usura tradizionali così da aumentare la macrorugosità superficiale;

- impiegare gli inerti con diametro maggiore di 4 mm totalmente frantumati con microrugosità aspra-ruvida e buoni valori di resistenza all'abrasione ed al levigamento; l'aggregato grosso dovrà presentare un coefficiente $LA \leq 17$ ed un coefficiente di levigabilità accelerata $\geq 0,42$;

- utilizzare sabbie totalmente frantumate e pulite (granite);

- oltre alla necessaria regolarità superficiale si dovrà garantire un valore maggiore di macrorugosità ($HS \geq 0,7\text{mm}$) e di resistenza all'attrito radente (≥ 50 BPN).

La curva granulometrica dovrà essere di tipo semi-discontinuo ed essere compresa tra i limiti prescritti sottoindicati:

- passante al crivello UNI	20	100%
- " " " "	15	80-100%
- " " " "	10	62-78%
- " " " "	5	40-54%
- " " setaccio ASTM n°	10	25-35%
- " " " " "	40	10-16%
- " " " " "	80	7-12%
- " " " " "	200	6-10%

Con l'eccezione per la quantità di filler, che dovrà comunque essere compresa nei limiti prescritti, la curva inferiore sarà utilizzata per spessori soffici maggiori di 5 cm, quella superiore per spessori soffici minori o uguali di 4 cm.

Per quel che riguarda la percentuale ottima di legante l'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori, dichiarata la curva granulometrica che intende utilizzare, dovrà far eseguire a proprie spese presso un laboratorio accreditato di fiducia della Provincia il preventivo studio di ottimizzazione, integrando l'usuale esame del comportamento a compressione con la prova a trazione indiretta.

La percentuale di bitume dovrà comunque essere non minore del 5,5% per curve prossime al limite inferiore del fuso indicato e non superiore al 7,5% per curve prossime al limite superiore del fuso indicato.

Tutte le percentuali sono riferita al peso della miscela degli inerti.

Per il confezionamento e la posa dei conglomerati "antiskid" si possono utilizzare gli stessi impianti e le stesse attrezzature relative ai conglomerati tradizionali, inserendo all'impianto le modifiche del caso, qualora si utilizzi il metodo dei due bitumi

Il conglomerato dovrà essere posato a temperature non superiori a 110 °C ma tali da consentire un compattamento che assicuri un indice di vuoti residui in opera compresi tra 2% e 4% a garanzia delle caratteristiche meccaniche dello strato. Il costipamento dovrà essere effettuato appena dopo la stesa, poichè il raffreddamento del materiale potrebbe compromettere in modo irreversibile la riuscita del lavoro a regola d'arte. Tale

compattazione dovrà essere realizzata possibilmente con rulli gommati di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche e condotta a termine senza interruzione; il rullo a pneumatici dovrà essere carico per ruota superiore a 2 t e carico totale a 18 t.

La cilindatura dovrà essere continuata fino ad ottenere un sicuro costipamento; al termine della cilindatura il grado di costipamento in opera dovrà essere $\geq 95\%$ di quello ottenuto mediante la prova Marshall. Ciò si potrà verificare mettendo in relazione il peso specifico di assaggi a carotaggio eseguiti in corso d'opera con il risultato della prova relativa alla determinazione della massa volumica apparente dei provini Marshall.

L'applicazione su questi strati di rulli vibranti è tassativamente vietata (provocano infatti una riduzione della macrorugosità).

RICICLAGGIO A FREDDO CON L'UTILIZZO DI EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA CON ELASTOMERI

Questa rigenerazione in sito a freddo dovrà essere realizzata con idonee attrezzature mobili (con miscelatore a volume variabile) in grado di miscelare l'intero pacchetto bituminoso esistente e parte della fondazione sottostante non legata con l'aggiunta di emulsione bituminosa modificata con elastomeri, cemento e acqua, omogeneizzare, stendere e compattare la miscela per spessori di 20 cm.

- **Inerti**

Non è prevista alcuna aggiunta di inerti vergini.

- **Emulsione modificata**

L'emulsione dovrà essere di tipo acido al 60 % di bitume con aggiunta di elastomeri a rottura controllata e rispettare le seguenti caratteristiche.

proprietà	specifiche	metodi di prova
-trattenuto al setaccio 0,085 mm, % in peso	< 0,1	CNR B.U.n°103/84
- sedimentazione a 5 gg, % in peso	< 5	ASTM D244
-viscosità Engler a 20 °C, °E	> 3	CNR B.U.n°103/84
-grado di acidità, pH	> 2	ASTM E 70
-carica delle particelle	positiva	CNR B.U.n°99/84

Caratteristiche del bitume estratto (residuo della distillazione)

-penetrazione a 25°C PEN, dmm	50-70	EN 1426
-punto di rammollim. PA, °C	>60	EN 1427
-punto di rottura Frass PRF, °C	<-13	EN 12593

- **Cemento**

Deve essere impiegato cemento Portland d'alto forno o pozzolanico con classe di resistenza 325

- **Acqua**

Deve essere utilizzata acqua pura ed esente da sostanze organiche

- **Studio preliminare di ottimizzazione**

Per quanto riguarda le percentuali ottime di emulsione e cemento, sia le analisi preliminari che lo studio di ottimizzazione della miscela con il metodo della pressa giratoria sono stati eseguiti dalla Provincia di Cremona in una zona campione in collaborazione con un laboratorio di fiducia. Sono stati eseguiti gli assaggi a carotaggio in sito in più punti, che hanno evidenziato uno spessore medio del pacchetto esistente di 26 cm e che sono serviti anche per estrapolare la percentuale di bitume in sito; è stato inoltre prelevato il materiale fresato, che è servito per trovare la curva in laboratorio e preparare i vari provini con la pressa giratoria. Dallo studio di ottimizzazione con pressa giratoria è risultato che le

percentuali ottime di emulsione modificata e cemento nella zona dei prelievi è rispettivamente del 2,5 % e 2,5 % con 3 % di acqua. Le percentuali di partenza dell'intervento saranno queste, verificando i valori di trazione indiretta in opera per eventuali modifiche in corso d'opera.

- Posa in opera

Le fasi di esecuzione dovranno essere le seguenti:

1. Fresatura della sovrastruttura stradale spessore 20 cm;
2. Eventuale risagomatura longitudinale e trasversale delle livellette stradali a mezzo di livellatore meccanico (grader);
3. stesa del cemento nelle percentuali ottime;
4. Intervento di riciclaggio con aggiunta di emulsione bituminosa elastomerizzata e acqua nelle percentuali ottime. La lavorazione dovrà essere effettuata con una sola passata con macchina a tutta larghezza mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi;
5. Prima compattazione immediata con un rullo gommato insieme ad un rullo metallico o combinato entrambi di almeno 20 t;
6. Seconda compattazione immediata con un rullo gommato insieme ad un rullo metallico o combinato entrambi di almeno 20 t; in alternativa potranno essere utilizzati rulli vibranti, comunque tutti approvati dalla DL. Durante la compattazione, nel caso di temperature elevate, sarà necessario umidificare il piano per migliorare l'addensamento.

Qualora le lavorazioni descritte in precedenza 1 e 4 siano eseguite in simultanea, l'Impresa dovrà comunque garantire la completa risagomatura longitudinale e trasversale delle livellette.

- Controlli in corso d'opera

Per quanto riguarda le caratteristiche della miscela, prima della compattazione verranno eseguiti prelievi dai quali dovranno essere confezionati provini tramite pressa giratoria con le seguenti condizioni di prova:

angolo di rotazione: $1,25^{\circ} \pm 0,02^{\circ}$

velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto

pressione verticale, Kpa: 600

diametro provino, mm: 150

n° giri: 180

peso campione: 4500/6000 g comprensivo di bitume, cemento e acqua

La miscela dovrà rispondere ai seguenti requisiti dalle prove di laboratorio:

- Resistenza a trazione diametrale R_t a 72h di maturazione $\geq 0,40$ N/mmq

- Coefficiente di trazione indiretta CTI a 72h di maturazione ≥ 60 N/mm²

Dai campioni maturati per 72h a 40°C si dovrà inoltre ricavare:

- Perdita di resistenza per imbibizione a 25°C per 1h sottovuoto a 50 mm di mercurio; la resistenza a trazione indiretta dovrà essere almeno il 70% di quella ottimale;
- Densità geometrica di riferimento per il controllo in sito;

Al termine della compattazione lo strato finito dovrà avere una densità secca uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella geometrica dei provini costipati con pressa giratoria a 180 giri; il grado di addensamento verrà misurato su carotaggi da eseguire a fine lavori.

Per quanto riguarda i controlli sull'effettiva risagomatura delle livellette, dopo la compattazione, prima di qualunque intervento di bitumatura, l'Impresa dovrà mettere a disposizione della DL opportuni strumenti topografici per il controllo delle quote; qualora si riscontrasse un andamento longitudinale del piano superficiale comprendente dossi o cunette di dislivello superiore a 4 cm non giustificabile con l'andamento plano-altimetrico del piano di campagna, l'Impresa a proprie cura e spese dovrà eseguire adeguati interventi di risagomatura con mista bitumata. Solo dopo l'autorizzazione della DL potrà essere posato lo strato di mista ad alto modulo dello spessore medio soffice 5 cm.

Durante la fase di collaudo verrà eseguito un sopralluogo da parte della DL per verificare se fossero presenti in qualche zona rifluimenti superficiali di bitume. Tali eventuali rifluimenti dovranno essere asportati a mezzo di adeguata fresatura di profondità adeguata e nuova posa degli strati bituminosi a cura e spese dell'Impresa.