

**GRUPPO PROMOZIONE EMULSIONI BITUMINOSE**



**EMULSIONI BITUMINOSE**

**applicazioni, suggerimenti e note tecniche**

**SITEB**

*Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade*



# ***EMULSIONI BITUMINOSE***

**APPLICAZIONI, SUGGERIMENTI  
E NOTE TECNICHE**

Prima edizione - settembre 2004

Stefano Ravaioli

**SITEB**  
**Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade**

---



*Presentazione*

<b>cap. 1 - Emulsioni</b>	<b>pag. 7</b>
<b>cap. 2 - Macchine operatrici</b>	<b>pag. 25</b>
<b>cap. 3 - Mani d'attacco</b>	<b>pag. 35</b>
<b>cap. 4 - Trattamenti superficiali</b>	<b>pag. 41</b>
<b>cap. 5 - Trattamenti di depolverizzazione di strade bianche</b>	<b>pag. 51</b>
<b>cap. 6 - Microtappeti colati a freddo (slurry seal)</b>	<b>pag. 57</b>
<b>cap. 7 - Riciclaggio a freddo di fresati bituminosi in sito e in impianto</b>	<b>pag. 65</b>
<b>cap. 8 - Trattamento dei rappezzi e delle buche</b>	<b>pag. 75</b>

*Glossario*

NOTA BIBLIOGRAFICA

Per la stesura del presente documento, si è fatto largo uso del materiale contenuto negli archivi del SITEB, proveniente da fonti autorevoli e qualificate, atti di convegni in Italia e all'estero, testi forniti dalle aziende associate oppure frutto della ricerca dei gruppi di studio interni all'Associazione.

Le illustrazioni delle pagg. 1, 16, 20, 21, 23, 28, 29, 30, 31, 37, 48, 49, 53, 55, 67 sono tratte dal volume "Les emulsiones de bitume" realizzato in Francia da SFERB (Syndicat des fabricants d'emulsions routieres de bitume) nel 1988.

---



---

## Presentazione

Da più di cento anni, in campo stradale si impiegano con successo le emulsioni bituminose per "impregnare", "trattare", "stabilizzare", "asfaltare" le pavimentazioni. Le emulsioni, infatti, si rivelarono come il mezzo più efficace per sistemare al meglio le strade del tempo, realizzate prevalentemente con strati successivi di pietrisco a granulometria assortita. Erano tecniche adatte ai traffici di allora ma consentivano di ottenere pavimentazioni legate in superficie, impermeabili e con buone capacità portanti, ma soprattutto rappresentavano la miglior soluzione contro il fango e la polvere. Con le emulsioni era possibile veicolare il bitume, disperso in acqua, laddove era difficile o impossibile arrivare con i mezzi d'opera in uso in quegli anni. Col passare del tempo, la tecnica stradale, si è evoluta ed ha subito una forte accelerazione soprattutto durante la ricostruzione del secondo dopoguerra; sono apparsi i primi impianti per la produzione di conglomerati bituminosi, le prime vibrofinitrici per la stesa, sono aumentati i traffici e così le emulsioni, piano piano ma inesorabilmente, hanno perduto il loro ruolo primario di legante per assumere quello di mano d'attacco per i conglomerati bituminosi.

Oggi, una nuova coscienza collettiva più attenta alle risorse del pianeta e alle esigenze ambientali sta portando ad un cambiamento che investe anche il settore stradale. Ai tradizionali metodi a caldo si affiancano nuove tecnologie a freddo adatte per il riciclaggio delle pavimentazioni e per i rifacimenti superficiali. Le esigenze di qualità, funzionalità e sicurezza delle opere pubbliche sono aumentate ma viceversa diminuisce il budget a disposizione delle amministrazioni. Con le emulsioni bituminose di nuova generazione a base di polimeri, si possono realizzare microtappeti a freddo per irruvidire superfici lisce, trattamenti di granigliatura su strade secondarie a ridotto impatto paesaggistico, ma soprattutto si può intervenire con le tecniche di riciclaggio in situ negli strati intermedi e profondi del "cassonetto", consolidando e rafforzando le zone ammalorate, rotte per fatica. Per le emulsioni bituminose è il ritorno ad una nuova primavera, specialmente nel campo della "manutenzione stradale".

Questo documento, prodotto dal GPE (Gruppo Promozione Emulsioni del SITEB), ha lo scopo di aprire una finestra sul mondo delle manutenzioni stradali suggerendo metodi efficaci a base di emulsione bituminosa già utilizzati con successo in altri paesi dell'area mediterranea ma poco noti in Italia. Metodi che si affiancano a quelli tradizionali a caldo in modo da offrire al progettista e al redattore del capitolato un ventaglio di opportunità più ampio e completo. Scritto in linguaggio semplice e chiaro, il testo si pone l'obiettivo di fornire tutte le informazioni tecniche indispensabili per la riuscita dei lavori. Corredato di "Avvertenze" e note in MAIUSCOLETTO per facilitare la comprensione dei concetti, il documento costituisce una valida guida per chi, avvicinandosi per la prima volta alla tecnica delle emulsioni, desidera mettere in pratica nuove soluzioni.

Un ringraziamento speciale va ai sostenitori del GPE che hanno consentito questa realizzazione.

**Stefano Ravaioli**



Capitolo 1.

# *Emulsioni*

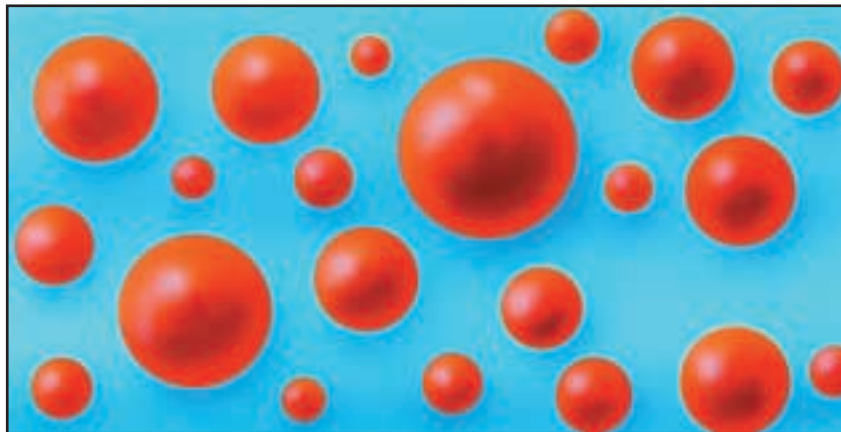




## 1.1 Definizione

L'emulsione bituminosa è una dispersione di bitume in acqua. Per disperdere il bitume è necessario utilizzare energia meccanica di taglio e un agente tensioattivo o emulsionante.

Scientificamente, una emulsione è un sistema eterogeneo termodinamicamente instabile, che include almeno due fasi, delle quali una (il bitume) è dispersa nell'altra (acqua) sotto forma di goccioline.



Un tale sistema possiede una sua stabilità minima che può essere aumentata mediante l'aggiunta di appropriati agenti tensioattivi che abbassano la tensione superficiale o interfacciale tra le due fasi, favorendo la dispersione.

In altre parole, una emulsione di bitume, oltre alle due fasi principali (acqua e bitume), deve contenere degli agenti adeguati, destinati a favorirne il mantenimento dell'equilibrio.

## 1.2 Componenti

### Bitume

I leganti di base utilizzati per la fabbricazione delle emulsioni bituminose ed impiegati per la costruzione e la manutenzione delle pavimentazioni stradali, sono "bitumi puri" o "bitumi modificati con polimeri", eventualmente fluidificati o flussati.

Il bitume è un prodotto petrolifero proveniente dalla raffinazione del greggio, dotato di proprietà leganti, impermeabilizzanti e resistente alla maggior parte degli acidi, dei sali e degli alcali.

La qualità del bitume in commercio dipende dal greggio d'origine ma anche dal processo che esso subisce in raffineria. A secondo del processo, si distinguono infatti diversi tipi di bitume: bitume da distillazione diretta, bitume da visbreaking, bitume ossidato, ecc.

Il bitume, le cui specifiche tecniche sono riportate nella norma EN-12591, viene prodotto in diverse gradazioni, differenziabili dalla prova di penetrazione.

Per la produzione di emulsioni, in passato si preferiva utilizzare bitume ad alta penetrazione e quindi piuttosto tenero (160/220 dmm), oggi invece si riesce ad emulsionare qualsiasi gradazione di bitume, comprese quelle più dure (20/30 dmm). Qualche volta, in raffineria, viene incorporato un additivo acidificante che facilita la "messa in emulsione" del bitume (bitume emulsionabile).

## -1- Emulsioni

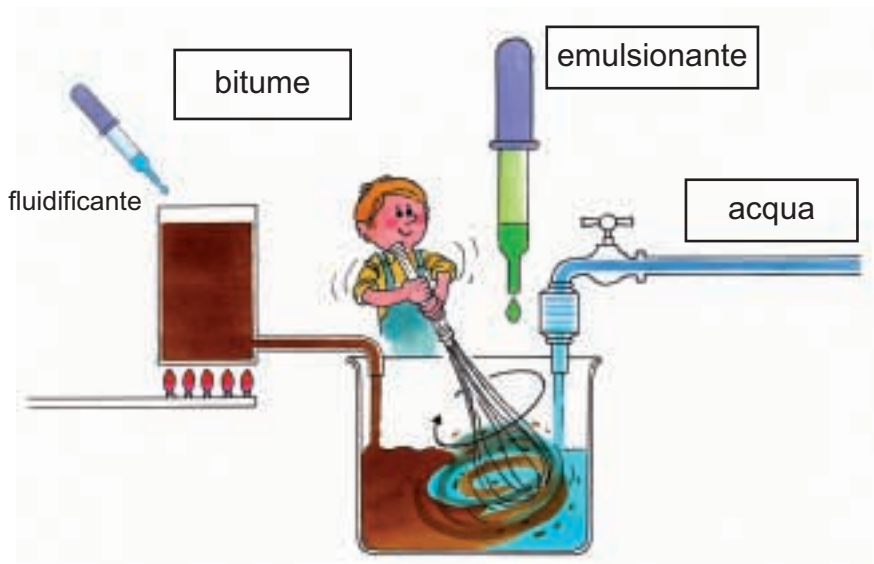
---

Il contenuto di bitume in una emulsione può variare dal 50 al 70% (in Italia, esiste un limite fiscale che impone una quota massima del 69%).

### Fluidificanti (o flussanti)

In passato venivano impiegati oli di catrame di carbon fossile. Attualmente, per la loro classificazione come sostanze pericolose, tali prodotti sono stati banditi dal mercato e non possono assolutamente essere utilizzati.

Vengono invece utilizzati prodotti oleosi a bassa viscosità. I fluidificanti vengono eventualmente aggiunti al bitume.



### Acqua

L'acqua scelta non deve contenere né impurità organiche (sospensioni colloidali) né minerali. Per la produzione delle emulsioni, in generale si utilizza acqua di pozzo o di acquedotto ma qualche volta è necessario "*permutare*" l'acqua mediante un apparecchio appropriato, per renderla di durezza adeguata. La permutazione consiste nel sostituire alcuni ioni contenuti nell'acqua con altri.

### Emulsionanti (o tensioattivi)

Sono prodotti chimici classificabili in base al loro comportamento di dissociazione in acqua che, prima favoriscono la dispersione del bitume in acqua, poi, dopo la rottura, favoriscono l'adesione del bitume alle pietre. In particolare, si caratterizzano per la loro consistenza liquida o pastosa che ne condiziona la manipolazione, lo stoccaggio ed il dosaggio. Essi sono costituiti da molecole caratterizzate dalla presenza di due sezioni o "gruppi" con affinità opposte:

- un gruppo polare ( $\text{COO}^-$  oppure  $\text{NH}_3^+$ ) che gli conferisce proprietà *idrofile* (affinità chimica con l'acqua);
- una catena idrocarburica apolare  $\text{R} = \text{CH}_3(\text{CH}_2)_n$  che gli conferisce proprietà *lipofile* (affinità con i grassi ovvero con il bitume).

Essi si distinguono in:

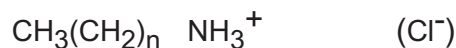
### 1° tipo: Emulsionanti Anionici - saponi di acidi grassi

caratterizzati dalla parte polare caricata negativamente

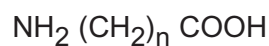


### 2° tipo: Emulsionanti Cationici - ammine (non aromatiche) o sali di ammonio

caratterizzati dalla parte polare caricata positivamente

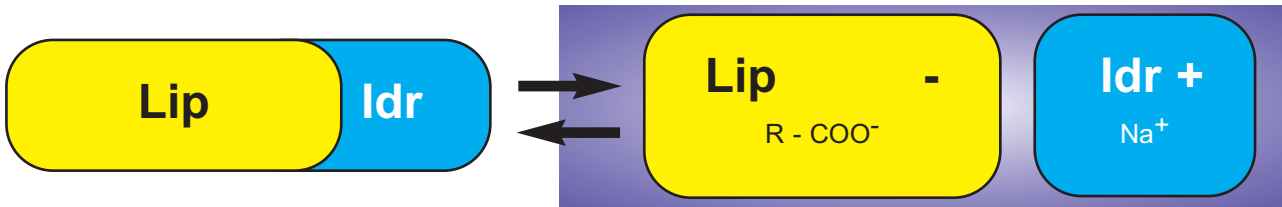


Facciamo inoltre cenno al fatto che esiste anche un terzo tipo di emulsionanti (molto meno utilizzati) denominati "Nonionici o Anfolitici", che sono generalmente costituiti da proteine o amminoacidi e che manifestano la polarità in base alle condizioni del mezzo (pH). La loro formula è del tipo:

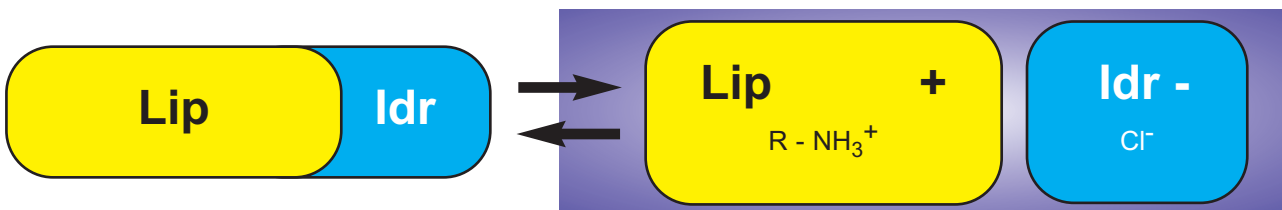


Poichè gli emulsionanti sono insolubili in acqua, è indispensabile trasformarli in "saponi" per permetterne lo scioglimento nella fase disperdente.

A tale scopo, si fanno reagire o con acido cloridrico (in concentrazione 32%) nel caso delle emulsioni acide o con soda (NaOH) per quelle basiche.



**Esempio di meccanismo di dissociazione di un Emulsionante Anionico in acqua**



**Esempio di meccanismo di dissociazione di un Emulsionante Cationico in acqua**

LE EMULSIONI DI BITUME PRODOTTE IN ITALIA, PREVEDONO L'IMPIEGO QUASI ESCLUSIVO DI EMULSIONANTI O TENSOATTIVI ANIONICI O CATIONICI.

### 1.3 Classificazione delle emulsioni

Non esiste un principio unico, riconosciuto da tutti, per la classificazione delle emulsioni; quello comunemente più accettato, definisce una emulsione utilizzando i parametri relativi al carattere ionico, alla velocità di rottura e al quantitativo di bitume residuo.

→ Classificazione secondo il carattere ionico

I tensioattivi introdotti si possono raggruppare in anionici e cationici, in relazione alla carica elettrica che conferiscono ai globuli di bitume, per cui parleremo di:

→ EMULSIONI BITUMINOSE ANIONICHE (BASICHE) CON CARICA -

→ EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE (ACIDE) CON CARICA +

→ Classificazione secondo la percentuale di bitume residuo

Il rapporto volumetrico percentuale del bitume disperso (che rappresenta anche la concentrazione della fase utile) sul volume totale, è molto usato in campo stradale.

Troveremo in commercio emulsioni con BITUME RESIDUO al:

50%	55%	60%	65%	69%
-----	-----	-----	-----	-----

→ Classificazione secondo la velocità di rottura

"Rottura" (vedi anche più avanti "proprietà") è il termine che si usa per indicare il momento in cui l'acqua si separa dal bitume ed inizia il fenomeno di presa.

Calcolare il momento in cui questa separazione deve avvenire è molto importante ma dipende da tanti fattori: l'andamento climatico, la temperatura dell'emulsione, la natura chimica degli inerti, la granulometria dei globuli di bitume, il tipo di applicazione, le modalità esecutive del lavoro ecc. Non esiste perciò un "tempo" in valore assoluto.

Con riferimento alla VELOCITÀ DI ROTTURA, si parlerà di:

- EMULSIONE RAPIDA (R);
- EMULSIONE MEDIA (M);
- EMULSIONE LENTA (L);

ma anche di

- EMULSIONE SUPER RAPIDA (RR);
- EMULSIONE SOVRASTABILIZZATA (LL).

In relazione a quanto sopra esposto, quando scriviamo ad esempio, **EC R 69**, indichiamo una **Emulsione Cationica**, con velocità di rottura **Rapida**, al **69%** di bitume residuo. Se il bitume è modificato si aggiunge una **M** finale: **EC R 69 M**.

### **Avvertenze**

*In ambito CEN (Comitato Europeo di Normazione), il gruppo di lavoro n° 2 (WG2) del TC 336, sta procedendo all'armonizzazione delle specifiche tecniche relative alle emulsioni bituminose (norma EN-13808, "Framework for specifying cationic bituminous emulsions") che una volta approvate, saranno utilizzate in tutti gli Stati membri. Il progetto di norma prevede tre tabelle distinte; la prima è relativa alle caratteristiche delle emulsioni, la seconda a quelle del bitume estratto per evaporazione, la terza a quelle del bitume invecchiato. A livello nazionale ogni paese potrà emettere poi una tabella con le caratteristiche delle emulsioni utilizzate.*

*Il documento di lavoro però riguarda le sole emulsioni cationiche (indicate sempre con la lettera C) e, oltre ad una diversa nomenclatura, prevede alcune particolarità. Per esempio, la lettera B indica una emulsione prodotta con bitume stradale tradizionale (bitume da distillazione puro, cioè senza modifica o aggiunta di additivi). Se utilizziamo un bitume modificato in emulsione, dovremo invece indicarlo con la sigla BP (bitume polimero). E' singolare il fatto che la sigla BP si utilizza anche quando si producono emulsioni composte da bitume tradizionale con aggiunta di polimeri o lattice di gomma prima durante e dopo il processo di emulsione. Il CEN quindi non tiene in considerazione la differenza tra le distinte tecniche di impiegare bitume e polimero in emulsione; differenza però, che produce scelte qualitative diverse. La lettera F indica invece la presenza di un "flussante" in quantitativo apprezzabile (superiore al 2% in peso sul bitume). L'eventuale presenza di un flussante in quantitativo inferiore al 2% non va indicata e si mantiene la lettera B.*

*La velocità di rottura è indicata invece in funzione dell'appartenenza ad una classe, in una serie compresa tra 2 e 6. Le classi 2 e 3 sono tipiche di una emulsione a rapida rottura, le classi 5 e 6 indicano invece una emulsione a lenta rottura.*

La nomenclatura proposta dal CEN è composta di 4 campi come quella di seguito riportata:

- C 70 B 2** emulsione cationica, al 70% di bitume, di classe 2 (super rapida in Italia);
- C 70 BF 3** emulsione cationica, al 70% di bitume con flussante, di classe 3 (rapida);
- C 70 BF 6** emulsione cationica, al 70% di bitume contenente flussante, di classe 6 (lenta);
- C 70 BPF 3** emulsione cationica, al 70% di bitume (modificato o con lattice), contenente flussante, di classe 3 (rapida);
- C 60 BP 6** emulsione cationica, al 60% di bitume (modificato o con lattice), di classe 6 (lenta);

**Ecc.**

La filosofia che accompagna il progetto di norma CEN è comunque abbastanza diversa dall'impostazione tradizionale ma poiché è un progetto ancora in discussione, preferiamo non dilungarci ulteriormente; in seguito classificheremo le emulsioni con la nomenclatura abituale riportando nella tabella riepilogativa, i requisiti tradizionali aggiornati, per quanto possibile, con i riferimenti del CEN in merito ai metodi di prova. La tabella va intesa come un valido compromesso in attesa della nuova standardizzazione europea.

#### 1.4 Proprietà delle emulsioni

Si possono distinguere le proprietà delle emulsioni bituminose in due gruppi:

- proprietà intrinseche: si tratta di quelle che sono loro proprie, e che non dipendono dalle sostanze minerali con le quali vengono utilizzate. Queste proprietà sono:
  - la viscosità;
  - la stabilità allo stoccaggio;
- proprietà estrinseche: si tratta di quelle che sono legate al loro comportamento nei diversi campi di impiego. Queste proprietà sono:
  - la velocità di rottura;
  - l'adesione.

##### Viscosità

La viscosità dipende dalla concentrazione di bitume disperso, dal greggio d'origine e dall'emulsificante utilizzato. Altri fattori influenzano le proprietà reologiche dell'emulsione: in particolare la consistenza e la granulometria dei globuli di bitume e il processo di fabbricazione (tipologia del mulino).

##### **Avvertenza**

In campo stradale, la viscosità ha una notevole valenza pratica in quanto condiziona l'applicazione. Un'emulsione troppo fluida, una volta spruzzata, potrebbe scorrere sulla pendenza del piano riducendo la sua efficacia sia nel caso di "mano d'attacco" ma soprattutto nel caso di un "trattamento superficiale". Una emulsione troppo viscosa impedirebbe la penetrazione in profondità nel caso di "impregnazione" su strada bianca.

### Stabilità allo stoccaggio

Una emulsione stabile, non si separa nei suoi elementi costituenti. Un fattore determinante della stabilità allo stoccaggio è la granulometria dell'emulsione che dipende, essa stessa, da diversi parametri: tipo e quantità di emulsionanti (tensioattivi), pH della fase acquosa, origine e gradazione del bitume.

### Velocità di rottura

E' il modo rapido o lento in cui avviene il fenomeno elettrofisico per il quale il bitume si separa dall'acqua. La "rottura" delle emulsioni di bitume è una proprietà fondamentale oggetto di numerose teorie scientifiche.

Risulta importante, senza entrare nei dettagli, ricordare alcuni concetti di base:

- Rottura: è il processo che si sviluppa attraverso le seguenti fasi:
  - decantazione (sedimentazione dei globuli di bitume);
  - flocculazione (avvicinamento dei globuli sedimentati);
  - coagulazione (fusione dei globuli di bitume flocculati e formazione del coagulo).
  
- Presa: è il fenomeno successivo alla coagulazione che si verifica quando l'emulsione è in contatto con l'aggregato. Il coagulo di bitume inizia a perdere l'acqua rimasta al suo interno e si stringe sempre più intorno all'inerte. Quando il coagulo di bitume, ormai totalmente anidro, disperde anche le frazioni leggere in esso contenute, "l'ammorsamento" è completo. Il legante che rimane, è costituito solo da idrocarburi non volatili.

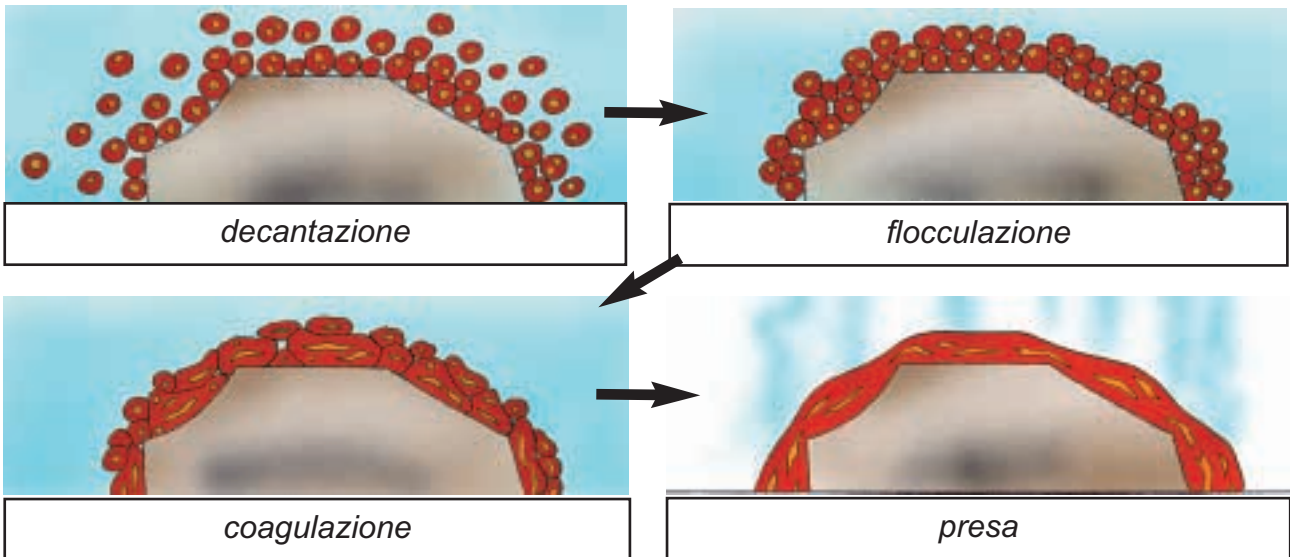
Questo fenomeno finale di dispersione, è tipico dei bitumi fluidificati (cut-back).

### **Avvertenza**

*La velocità di rottura, può essere definita analiticamente come "Indice di rottura" e rappresenta la capacità dell'emulsione di impastare una quantità ben definita di fini standard (polveri silicee). Ad esempio con 100 g di emulsione si possono impastare da 75 a 200 g di "polveri". Più è basso il quantitativo di polveri che danno origine ad un impasto legato, più l'emulsione è considerata "rapida". Da qui ha origine la suddivisione CEN in classi (da 2 a 6 per le emulsioni stradali) per esprimere la velocità di rottura. Alla classe 2 corrispondono proprio solo 75 g di fini standard; ovvero solo 75 g di filler sono stati sufficienti per rompere quel tipo di emulsione. Se ne occorressero 200 g, l'emulsione utilizzata, sarebbe considerata estremamente "lenta". La prova è attualmente normata dal CEN nella serie 13075.*

-1- Emulsioni

L'INTERO PROCESSO (ROTTURA E PRESA) È CARATTERIZZATO ANCHE DA UN SIGNIFICATIVO PROGRESSIVO CAMBIAMENTO DEL COLORE, CHE PASSA DAL MARRONE AL NERO.



Adesione

L'adesione è un'altra proprietà fondamentale delle emulsioni e dipende dalla carica elettrostatica conferita dagli emulsionanti ai globuli di bitume ed è funzione della temperatura e dell'eventuale presenza di agenti perturbatori (es. polvere).

L'adesività della coppia bitume/aggregato si spiega schematicamente nel modo seguente:

in presenza di materiale lapideo avente caratteristiche alcaline (calcare):

- se utilizziamo emulsione cationica (acida), abbiamo una reazione tra tale materiale calcareo e l'emulsionante con formazione di un "carbonato di ammina" insolubile;
- se utilizziamo emulsione anionica (basica), abbiamo attrazione dei globuli di bitume carichi negativamente con formazione di un "sapone di calcio" insolubile;

in presenza di un materiale lapideo con caratteristiche acide (silice, quarzite, graniti, porfidi):

- se utilizziamo emulsione cationica, abbiamo attrazione dei globuli di bitume carichi positivamente, e formazione di un "silicato di ammina" insolubile;
- se utilizziamo emulsione anionica, non si verifica alcun fenomeno di attrazione né alcuna reazione. In questo caso, non c'è adesione.

DI FATTO, LA MAGGIOR PARTE DEGLI AGGREGATI UTILIZZATI NEI LAVORI STRADALI È COSTITUITA DA MATERIALI DI NATURA MISTA (CALCAREI E SILICEI) E SULLE PIETRE SILICEE L'EMULSIONE ANIONICA NON HA ALCUN EFFETTO. CIÒ SPIEGA L'UTILIZZO, ORMAI OVUNQUE DIFFUSO, DI EMULSIONI ESCULSIVAMENTE CATIONICHE.

## 1.5 Fabbricazione delle emulsioni di bitume

L'emulsione del bitume consiste nel frammentare il bitume in particelle di dimensioni piccolissime (dell'ordine di pochi micron), caricarle elettricamente e dotarle di potere repulsivo le une verso le altre.

La produzione industriale delle emulsioni richiede apparecchiature appropriate in grado di generare una forte azione di taglio al fine di ottenere una dispersione di bitume con grado di finezza adeguato (mediamente 6-8 micron); tale azione è generalmente ottenuta mediante mulini colloidali o altre simili apparecchiature atte a creare un arricchimento progressivo della fase disperdente.

Durante il processo vanno costantemente monitorati i seguenti "parametri di produzione":

→ Energia di dispersione

Sono due i principali fattori che influenzano il fenomeno della dispersione del bitume nell'acqua:

→ l'energia meccanica apportata dal mulino, per frantumare il bitume in particelle fini;

→ la capacità (in termini energetici) del tensioattivo di facilitare l'emulsione creando una pellicola protettiva attorno alle particelle di bitume che abbassa la tensione superficiale tra le due fasi in questione (quella acquosa e quella bituminosa).

→ Viscosità e temperatura dei componenti

Affinché il bitume si disperda bene nella fase acquosa, è necessario che durante il processo di emulsione, la sua viscosità ottimale si mantenga intorno a 200 mPa x sec. La viscosità ottimale è infatti quella che consente al bitume di frantumarsi con il minimo sforzo di taglio, e contemporaneamente, consente al tensioattivo "di entrare" nella superficie del globulo di bitume e legarsi perfettamente. Generalmente, in relazione al "grado di penetrazione" del bitume, la viscosità ottimale si ottiene per la seguenti temperature:

Penetrazione (dmm)	Temperatura d'emulsione (°C)
160/220	140
70/100	150
35/50	160

Nel caso di emulsioni da bitume modificato, occorrerà operare a temperature superiori.

### **Avvertenza**

*La soluzione acquosa contenente sapone (emulsionante + acido o emulsionante + soda), deve mantenere sempre una temperatura adeguata affinché l'emulsione, all'uscita del mulino (che è alla pressione atmosferica), si trovi ad una temperatura inferiore a 95 °C. Diversamente, l'acqua si trasforma in vapore e crea una schiuma bituminosa.*

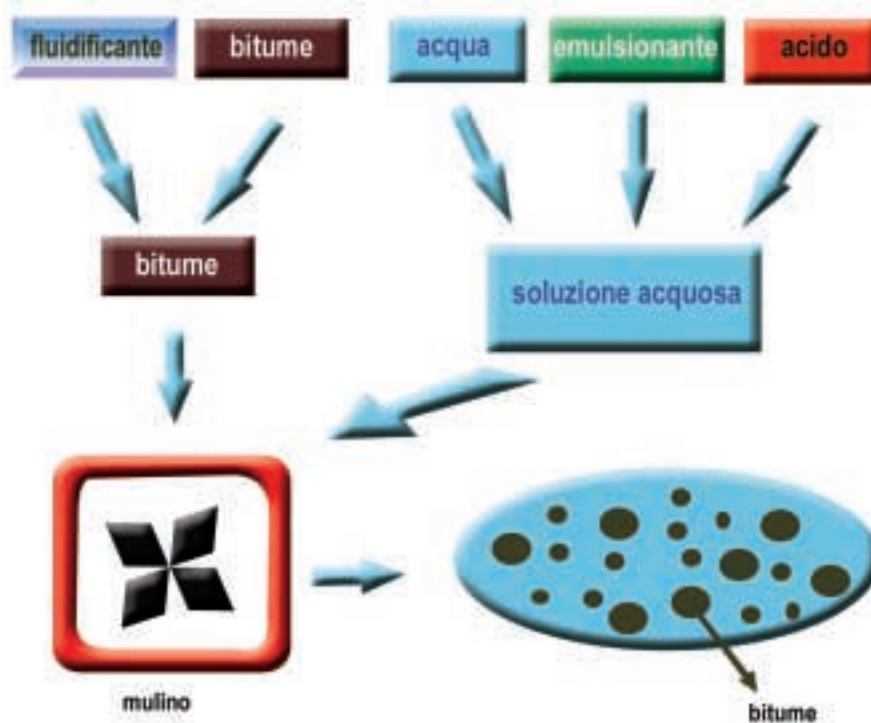
→ Dosaggio dei componenti

Il dosaggio dei componenti deve essere curato con grande precisione, in particolare quello degli emulsionanti e dell'acido: una variazione di questo dosaggio, anche minima, può avere delle conseguenze importanti.

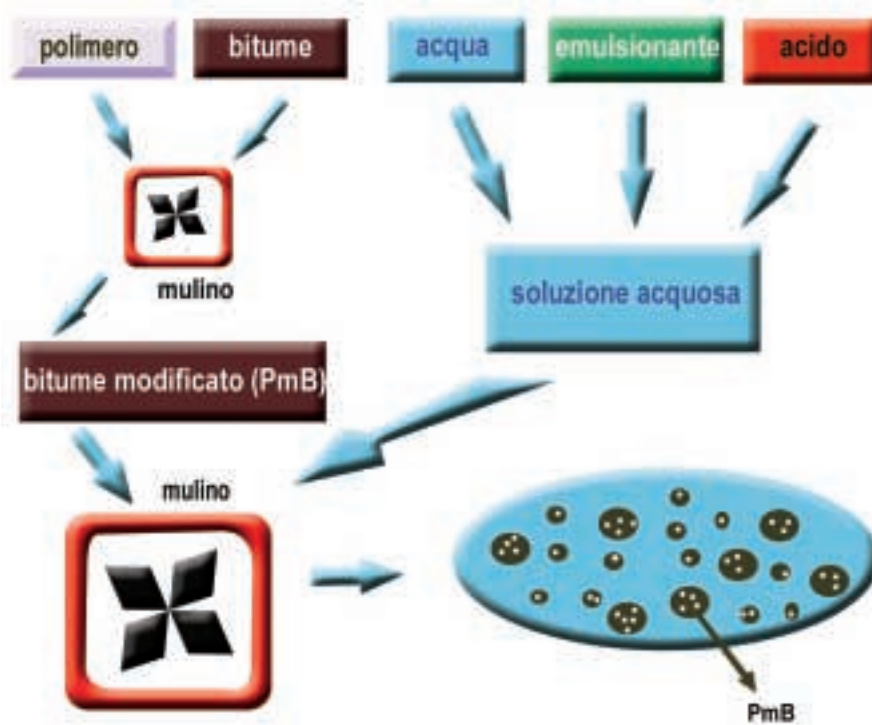
La fase disperdente dell'emulsione di bitume è composta da acqua e diversi agenti emulsificanti o tensioattivi ed eventualmente anche da lattice di gomma.

La fase dispersa può essere sia di bitume puro (distillato), di bitume con un flussante, o di bitume modificato con polimeri.

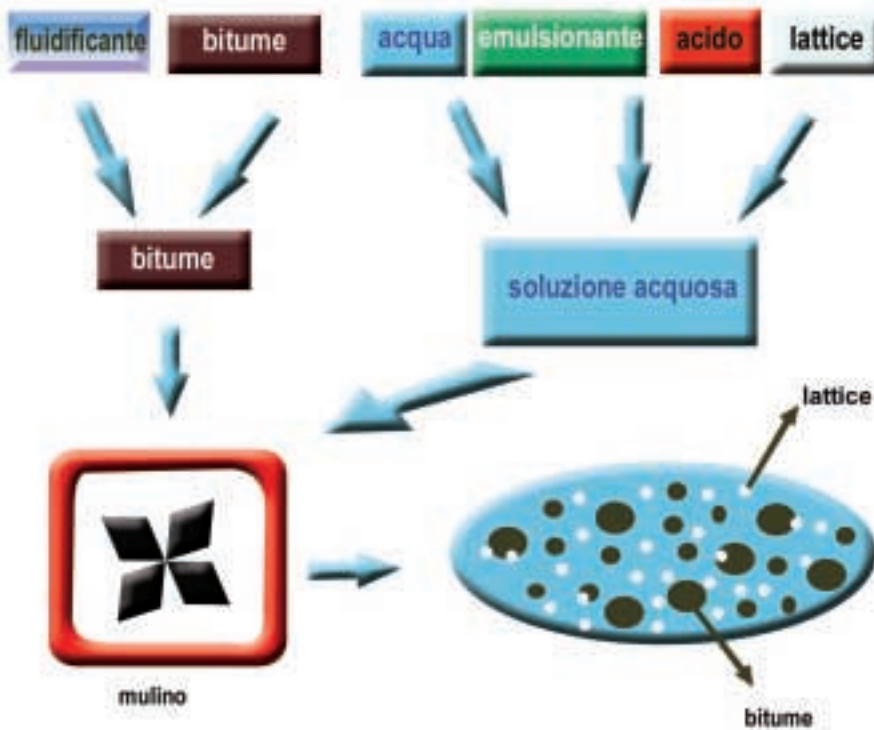
Le tre illustrazioni che seguono mostrano lo schema di produzione di una emulsione: una da bitume tradizionale, una da bitume modificato, una con bitume e lattice.



Produzione di emulsione bituminosa tradizionale (Cationica)



Produzione di emulsione da bitume modificato



Produzione di emulsione bituminosa con lattice

## 1.6 Le emulsioni anioniche

Per la fabbricazione di emulsioni anioniche si utilizzano frequentemente degli emulsionanti costituiti da sali alcalini ottenuti per saponificazione di grassi animali o di resine liquide con soda caustica. La formula generale di questi saponi è:



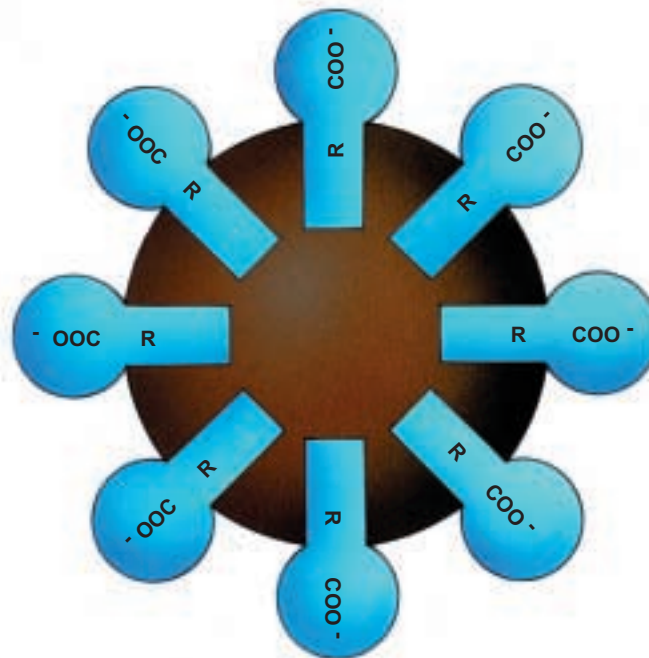
**R** è la catena caratteristica dell'acido grasso; costituisce la parte "apolare" della molecola ed è "lipofila" (affinità con i grassi e quindi con il bitume).

Il gruppo - **COONa** costituisce la parte polare "idrofila" (affinità con l'acqua).

In soluzione nella fase acquosa continua, le molecole di sapone si ionizzano: gli ioni **Na<sup>+</sup>** costituiscono dei "cationi" dispersi nell'acqua, il resto delle molecole, cioè gli ioni **R - COO<sup>-</sup>**, costituiscono gli "anioni" adsorbiti dai globuli di bitume.

In campo stradale, l'impiego delle emulsioni anioniche è limitato alle mani d'attacco in alcune aree geografiche del centro e sud Italia, caratterizzate da situazioni ambientali favorevoli e dalla disponibilità di aggregati di adeguata affinità chimica (calcarei). Generalmente sono abbastanza semplici da produrre e relativamente meno costose ma sono anche assai meno "performanti".

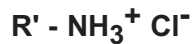
In ambito CEN, tali emulsioni non sono nemmeno oggetto di normazione.



Schema di emulsione anionica ( - )

### 1.7 Le emulsioni cationiche

Per fabbricare emulsioni cationiche, si utilizzano invece, emulsionanti costituiti da molecole la cui formula può essere schematizzata nel modo seguente:



**R'** è la catena idrocarburica caratteristica del tensioattivo e costituisce la parte "lipofila" della molecola.

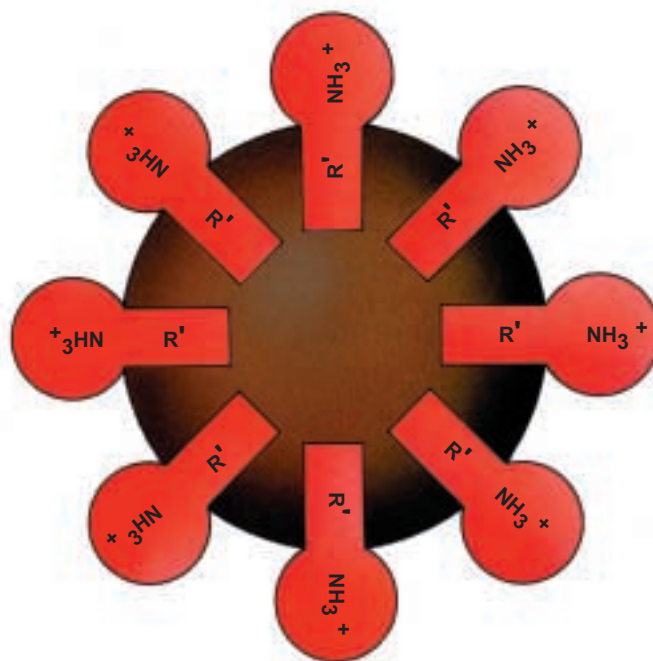
Il gruppo **NH<sub>3</sub>Cl** costituisce la parte "idrofila".

In soluzione nella fase acquosa, le molecole di sapone si ionizzano producendo cationi **R'- NH<sub>3</sub><sup>+</sup>** e anioni **Cl<sup>-</sup>**.

Durante la fabbricazione dell'emulsione, i cationi sono adsorbiti dalle particelle di bitume, la parte lipofila R' rivolta verso l'interno, il gruppo **NH<sub>3</sub><sup>+</sup>** si colloca all'interfaccia bitume/acqua. Gli anioni **Cl<sup>-</sup>** restano nell'acqua.

Per via della corona di gruppi **NH<sub>3</sub><sup>+</sup>** che si è formata alla loro periferia, le particelle di bitume si trovano caricate positivamente. Questo assicura da una parte la stabilità dell'emulsione per repulsione elettrostatica e dall'altra una buona affinità del globulo di bitume nei confronti delle superfici minerali caricate negativamente (silicei o calcarei).

Gli impieghi delle emulsioni cationiche sono numerosi anche in relazione alle condizioni climatiche. Ne risulta una varietà notevole di formule; il campo di impiego è incontestabilmente più ampio: non solo mani d'attacco ma anche trattamenti superficiali, slurry seal, ecc.



Schema di emulsione cationica ( + )

## 1.8 Stoccaggio delle emulsioni di bitume e accorgimenti specifici

L'emulsione, può essere stoccata per un periodo che può raggiungere diversi mesi.

Lo stoccaggio può avvenire sia nel luogo stesso di produzione, sia in prossimità dei cantieri d'utilizzo.

Lo stoccaggio in fusti, salvo rare eccezioni, non è ormai praticamente più adottato per ragioni pratiche ed economiche.

Dopo uno stoccaggio prolungato, si forma sulla superficie dell'emulsione, al contatto dell'aria, una pellicola di bitume detta in gergo "pelle". Questa pellicola non presenta alcun inconveniente, anzi assicura una certa protezione dell'emulsione.

Durante lo stoccaggio possono verificarsi alcuni fenomeni: quello della "sedimentazione" che si traduce in un aumento del tenore di bitume nell'emulsione nella parte bassa del serbatoio, oppure il fenomeno inverso detto "crematura" che si manifesta con aumento del tenore di bitume nella parte alta.

Questi fenomeni si manifestano e progrediscono in funzione:

- della durata dei tempi e delle temperature di stoccaggio;
- di una granulometria di particelle di bitume non adatte.

Sedimentazione e crematura, se non portano ad una coagulazione dell'emulsione, non rappresentano un danno. E' sufficiente procedere ad un rimescolamento dell'emulsione prima della consegna per ritrovare un tenore in bitume omogeneo.

Le attrezzature di rimescolamento sono molteplici: dagli agitatori ad elica a basso gradiente di taglio, fino alle pompe di rimescolamento. Il procedimento più efficace è il travaso per pompaggio da un serbatoio all'altro.

L'emulsione è sensibile al gelo che provoca una rottura irreversibile. La temperatura minima dipende dalla composizione dell'emulsione ma generalmente non deve scendere al di sotto di +2 , +5 °C. Per lo stoccaggio, può essere utile aggiungere antigelo (glicole).

LA COSA MIGLIORE E PIÙ SEMPLICE DA FARE È QUELLA DI RISCALDARE LEGGERMENTE L'EMULSIONE PRIMA DELL'UTILIZZO.

## 1.9 Trasporto delle emulsioni di bitume

Diversamente dai bitumi allo stato liquido, l'emulsione di bitume non è un prodotto infiammabile e non figura tra i materiali pericolosi.

I veicoli addetti al trasporto non sono soggetti ad alcuna segnalazione particolare (codice pericolo, codice materiale e etichettatura).

Si tratta delle stesse autocisterne destinate al trasporto dei bitumi allo stato liquido, caldi con capacità dei serbatoi che vanno da 1 a 28 m<sup>3</sup>. I mezzi che montano cisterne da 1 m<sup>3</sup> sono generalmente destinati ad alimentare le squadre di manutenzione in cantiere.

Per grosse capacità, è indispensabile dividere l'interno del serbatoio con delle paratie che durante il trasporto, assicurano una migliore stabilità del mezzo. Nel caso particolare dell'emulsione, le paratie evitano anche un rimescolamento troppo violento che genera la formazione di schiuma.

Il carico e lo scarico dei serbatoi di emulsione si può fare per compressione e decompressione, in modo pratico e poco oneroso mediante una pompa o un compressore. All'apertura del passo d'uomo, andrà preventivamente scaricata la pressione per evitare incidenti.





Capitolo 2.

# *Macchine operatrici*





## 2.1 Motospazzatrici

Per la preventiva pulizia della superficie da trattare si utilizzano apposite "motospazzatrici". Sono macchine generalmente dotate di due spazzole controrotanti che agiscono sul piano orizzontale. In questo caso è consigliabile che la rotazione della spazzola non sia asservita all'avanzamento della macchina, o che possa essere resa indipendente per potere agire più o meno intensamente ove maggiormente richiesto.

Le fibre delle spazzole, quale che sia la loro natura (nylon, acciaio) devono essere in buono stato ed abbastanza dure per assicurare una energica ripulita della superficie.

A volte, le spazzole sono montate su specifici rulli che agiscono parallelamente al piano stradale.

Se attrezzate con tubi aspiranti e serbatoio di raccolta, le motospazzatrici possono essere usate anche come raccogliatrici degli scarti (aggregati sciolti, non fissati, rimasti sulla strada al termine delle operazioni di stesa), prima della riapertura al traffico.



L'impiego di queste macchine, nei trattamenti superficiali, è fondamentale in quanto la presenza di pietrisco non fissato sulla pavimentazione crea problemi di aderenza ai pneumatici e può essere causa di incidenti e di altri inconvenienti come la rottura dei parabrezza dei veicoli in transito provocata dai sassi scagliati dai veicoli che precedono.

## 2.2 Autocisterne termiche per l'emulsione

Composte da un serbatoio coibentato e da una barra di spruzzatura, le autocisterne per il trasporto e la spruzzatura dell'emulsione, possono essere munite di un dispositivo di riscaldamento che permette di mantenere o portare il legante alla temperatura desiderata. Questo dispositivo comporta la presenza di un bruciatore che trasmette il calore grazie ad un fluido diatermico che circola in apposite serpentine in un circuito chiuso.

Un gruppo compressore permette di spruzzare il legante ad una pressione di 2 bar attraverso una barra equipaggiata con diffusori multipli a lama piatta inclinati di 15° rispetto al piano verticale della barra.

Il controllo dell'emulsione nella cisterna si esegue mediante un indicatore di temperatura ed un indicatore di livello. La precisione e la regolarità di spruzzatura dell'emulsione si ottengono, sia mediante il suo asservimento alla velocità del veicolo, sia per lettura diretta del contagiri della pompa.



Le autocisterne utilizzate in cantiere, montano serbatoi di varia capacità in relazione ai lavori da eseguire; si va dai 6 ai 10 m<sup>3</sup> di prodotto e, come già anticipato, non essendo l'emulsione un prodotto infiammabile, non sono soggette ad alcuna segnaletica particolare.

### 2.3 Spandigraniglie

Sono autocarri appositamente attrezzati per il trasporto e lo spargimento del pietrisco. Il termine "spandigraniglie" indica propriamente solo il dispositivo diffusore ma il termine è ormai esteso anche all'automezzo. Si distinguono in:

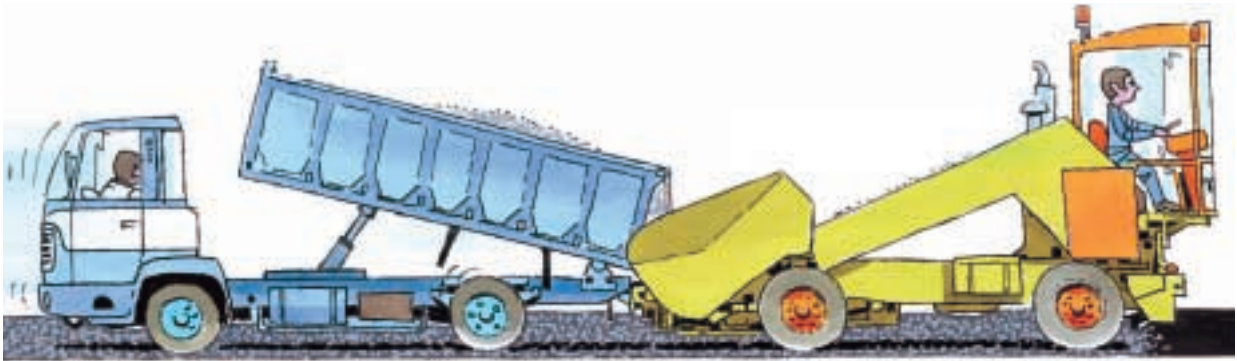
- Spandigraniglia portato, che viene fissato al posto della sponda posteriore del cassone ribaltabile dell'autocarro. La distribuzione degli aggregati viene effettuata sia mediante un gruppo motovibratore, sia con un rullo asservito ad una ruota in contatto con la pavimentazione, che assicura una distribuzione longitudinale costante.

La distribuzione trasversale si effettua con un "paraspruzzi" di lamiera e separatori.

La larghezza di spargimento e la caduta di aggregati è comandata da trappole ripartite lungo il distributore.



- Spandigraniglia semovente, macchina speciale dotata di una capiente tramoggia in cui vengono scaricati gli aggregati provenienti dall'autocarro che li trasporta. Da qui, mediante un elevatore, vengono convogliati in un cilindro distributore scanalato, situato a modesta altezza sopra la pavimentazione. Lo spandigraniglia semovente, dotato di motore proprio, traina l'autocarro approvvigionatore. La sua tramoggia "polmone" elimina le discontinuità al cambio del mezzo di trasporto. L'altezza di caduta degli aggregati è piccola, e ciò assicura una distribuzione più omogenea degli aggregati sul terreno.



Gli spandigraniglia semoventi possono essere muniti di un sistema di estensione idraulico che permette di variare in continuo la larghezza di lavoro da 2,5 a 4 m.

Macchinario con buone prestazioni, lo spandigraniglia semovente permette di ottenere una qualità eccezionale di spargimento degli aggregati e la sua capacità di lavoro in continuo consente rendimenti giornalieri notevoli. Purtroppo, in Italia, solo pochissime imprese sono attrezzate con questo tipo di macchina.

## 2.4 Macchine combinate polivalenti

Oggi, in alternativa alla cisterna spruzzatrice e allo spandigraniglia, è disponibile anche una apposita "macchina combinata polivalente" in grado di effettuare simultaneamente la spruzzatura dell'emulsione bituminosa e lo spargimento della graniglia favorendo un migliore rivestimento dei granuli da parte del legante. Con questa macchina si stendono grandi quantità in tempi assai ridotti e si riduce il numero di mezzi e di uomini impiegati. Tutto ciò consente grosse economie nell'esecuzione dell'opera, senza risparmiare sulla qualità.



## 2.5 Autobotte dell'acqua

Per determinati lavori può essere necessario bagnare preventivamente la pavimentazione; si ricorre pertanto all'uso di una normale autobotte dell'acqua dotata di barra spruzzatrice.



## 2.6 Rulli compattatori

In commercio, esiste una grande varietà di rulli compattatori pensati e realizzati in funzione dei diversi lavori cui sono destinati.



Per la depolverizzazione e i trattamenti superficiali si utilizzano rulli statici metallici e/o gommati dal peso di 8÷10 t. Il tipo gommato a ruote multiple con battistrada liscio è preferibile perché non frantuma gli aggregati. Gli effetti desiderati sono pienamente raggiunti con pressione dei pneumatici che variano da 6 a 8 bar per carichi da 2 e 2,5 tonnellate per ruota.

Si possono adattare anche rulli tandem metallici, mediante ricoprimento del tamburo con materiale poliuretano ad alta densità (l'operazione viene effettuata in officine specializzate).

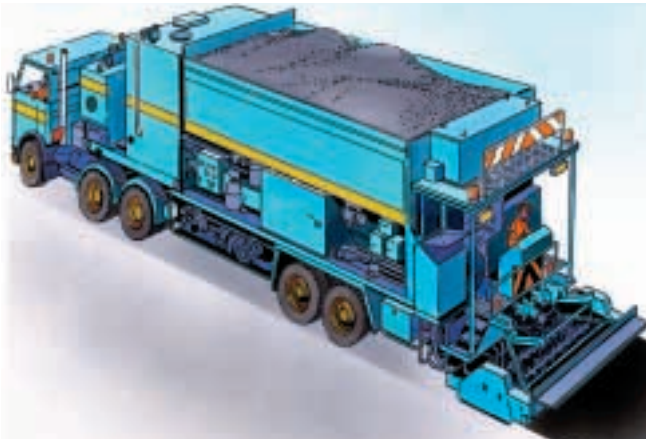
Per i lavori di riciclaggio invece si impiegano rulli molto più pesanti; tandem (20÷30 t) o meglio monotamburo (25÷30 t) con forte vibrazione per favorire l'espulsione dell'acqua e la compattazione del materiale riciclato con emulsione messo in opera o trattato in sito, in notevole spessore. Il rullo monotamburo è senza dubbio quello che riesce a scaricare la maggior forza di compattazione (400 kN/cm<sup>2</sup>).

La scelta del rullo ottimale dipende anche della profondità dello strato da compattare: più è alto lo spessore, più il rullo deve essere pesante. Importanti sono anche le frequenze di vibrazione (da 25 a 35 Hz) e l'ampiezza d'onda.

Tutti i moderni rulli sono dotati di sofisticati dispositivi e software per il controllo remoto della macchina ma soprattutto per la verifica della densità impostata e la variazione della compattazione in corso d'opera.

## 2.7 Macchine per slurry seal

La tecnica dello slurry seal (microtappeto colato a freddo), necessita di apposite macchine pensate esclusivamente per questo tipo di trattamento. Si distinguono in:



→ macchine tradizionali, dette anche macchine discontinue, che operano con una autonomia legata al volume massimo degli aggregati che possono caricare (da 3 a 15 m<sup>3</sup>) e richiedono il rifornimento quando il materiale è esaurito.

→ macchine a caricamento frontale, che operano senza soluzione di continuità grazie alla presenza di una tramoggia polmone sistemata nella parte anteriore della macchina che consente l'approvvigionamento continuo degli aggregati. Per non sospendere la stesa, è necessario anche l'alimentazione continua dei liquidi (acqua ed emulsione) che avviene mediante il posizionamento laterale delle specifiche autobotti, durante la fase operativa. Ovviamente, deve esserci la disponibilità di una specifica corsia libera e chiusa al traffico.

I componenti comuni sono:

- una o due tramogge per aggregati che scaricano in serie su un nastro che alimenta il mescolatore;
- una tramoggia per il filler (l'agente di rottura), e due serbatoi, uno per l'emulsione, l'altro per l'acqua di bagnatura e l'eventuale additivo;
- un sistema idraulico, azionato da un motore ausiliario, che alimenta il nastro e le pompe, assicurando dosaggi costanti nel mescolatore;
- un mescolatore, situato nella parte posteriore della macchina in cui cadono gli aggregati preventivamente bagnati da una barra spruzzatrice contenente acqua e additivo. Più indietro, l'ugello per l'uscita dell'emulsione;
- eventualmente, si può prevedere, con clima molto secco, anche una barra di nebulizzazione per bagnare la pavimentazione prima della stesa del conglomerato colato a freddo in modo da migliorare il fissaggio;
- un banco (slitta o carter) di stesa.



La macchina a caricamento frontale dispone in più di:

- una tramoggia di ricevimento dei materiali inerti, scaricati dai cassoni ribaltabili degli autocarri, posizionata sulla parte anteriore del mezzo;
- un dispositivo elevatore che prende i materiali inerti dalla tramoggia di ricevimento e li convoglia nella tramoggia di stoccaggio degli aggregati, mantenendola costantemente carica.

Indipendentemente dal tipo di macchina, la miscela confezionata nel mescolatore cade per gravità nel banco di stesa mediante uno scivolo. Il banco è modulabile in relazione alla larghezza della carreggiata da trattare. Esso è attrezzato con due linee di alberi muniti di palette inclinate. La continuità della miscela e la sua buona distribuzione sono ottenute mediante variazioni di velocità e inversioni di marcia degli alberi a palette.

Una bandella in gomma o una lama di metallo, situata nella parte terminale del banco permette la lisciatura della miscela di consistenza molto fluida.

### **Avvertenza**

*Le imprese che stendono lo slurry, generalmente dispongono di più di un banco per diverse applicazioni; dal piccolo di 1,4 m con coclee a V appositamente studiato per il trattamento delle ormaie, ai banchi più grandi da 2,5 a 3,8 m con coclee parallele al lato lungo. Esso è solitamente costituito da un telaio d'acciaio, al cui interno appositi elementi (allargatori) vengono tolti o inseriti a secondo dell'ampiezza di stesa. All'interno del banco la malta deve essere mantenuta in continuo movimento. I punti critici sono quelli corrispondenti ai quattro angoli.*

## **2.8 Macchine per il riciclaggio in sito (riciclatrici)**

Le cosiddette "riciclatrici" sono in realtà, frese modificate o stabilizzatrici adattate che si sono evolute nel tempo. Pensate e progettate appositamente per trattare uno strato di pavimentazione "bianca" o "nera" in un'unica passata, le moderne riciclatrici sono macchine molto sofisticate, generalmente pesanti e ad elevate prestazioni, che possono operare a vari livelli di profondità. Sono montate su cingoli o su grosse ruote gommate, che conferiscono una maggior flessibilità di manovra.

L'elemento centrale è costituito dal tamburo di fresatura, attrezzato con appositi utensili da taglio posizionati secondo una precisa geometria. Il tamburo è racchiuso da un carter di protezione che forma la cosiddetta "camera di fresatura".

Nel suo avanzamento, i denti del tamburo frantumano la pavimentazione aggredendola generalmente dal basso verso l'alto; mentre all'interno della camera di fresatura, viene spruzzata acqua nel contenuto ottimale per creare l'umidità necessaria al massimo costipamento e il legante con cui si intende operare (emulsione bituminosa, bitume schiumato, boiaccia di cemento). La parte posteriore del carter, funge da rasatore offrendo una minima compattazione al materiale in uscita.

Esistono anche riciclatrici più sofisticate che oltre al sistema di fresatura, dispongono anche di un mescolatore a due alberi longitudinali (con o senza fondo) che riceve il materiale fresato e lo tratta con il legante dando origine ad una miscela più omogenea. La miscela così ottenuta viene inviata ad un vero e proprio banco di stesa posizionato sulla parte terminale della macchina che gli conferisce una prima vera compattazione.



Gli inerti di integrazione della curva granulometria ed eventualmente il cemento in polvere o la calce, vengono sparsi preventivamente sulla pavimentazione esistente e vengono inglobati nel processo di riciclaggio mentre la macchina avanza.

La sequenza delle macchine da utilizzare nel processo (autocisterna per l'emulsione, riciclatrice, rullo, ecc.) da origine al " treno di riciclaggio" la cui lunghezza e configurazione può variare parecchio a secondo del tipo di applicazione che si deve eseguire. La riciclatrice, data la sua potenza, quasi sempre funge anche da "locomotiva" e spinge o traina tutta l'attrezzatura ad essa agganciata.

## 2.9 Macchine "tappabuche"

Pensate per la riparazione delle buche e per interventi urgenti di manutenzione, queste macchine semi automatiche che soffiano aria compressa, spruzzano emulsioni bituminose e spargono pietrisco, sono relativamente recenti e costituiscono una novità nel panorama italiano.

Tali macchine sono dotate di una tramoggia per il carico dell'inerte, di un serbatoio riscaldato per l'emulsione bituminosa, di un generatore d'aria per la pulizia della zona da risanare e per l'applicazione dell'emulsione e/o inerte.

La stesa del materiale avviene attraverso un braccio meccanico, mosso da un operatore, in grado di regolare il flusso di aria, emulsione e/o inerte.

-2- Macchine operatrici

---

La "macchina tappabuche" è realizzata in due diverse versioni:

- una di tipo semiautomatico in cui la lancia è regolata da un operatore sulla strada;
- una automatica, in cui l'operatore aziona la lancia e comanda tutte le operazioni dall'interno della cabina dell'automezzo, in condizioni di maggior sicurezza. Questa versione, di maggior ingombro, viene utilizzata soprattutto su strade a scorrimento veloce.



Capitolo 3.

# *Mani d'attacco*





### 3.1 Generalità e definizioni

Per mano d'attacco, si intende quella applicazione di emulsione bituminosa eseguita prima o durante la stesa del conglomerato a caldo, che ha lo scopo di migliorare e garantire l'adesione e il perfetto ancoraggio tra lo strato nuovo e quello sottostante.

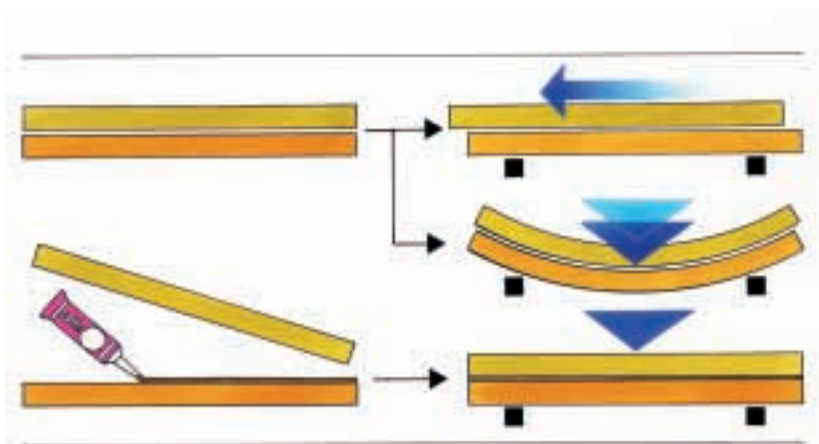
Una sovrastruttura, infatti, deve essere dimensionata e realizzata in funzione del livello del traffico che dovrà sopportare e in maniera tale che ciascuno strato non sia sollecitato oltre le sue possibilità.



La sollecitazione esercitata dal passaggio dei veicoli pesanti, provoca una deformazione della sovrastruttura.

Ogni passaggio di veicolo, infatti, provoca un impercettibile danno il cui accumulo però si trasformerà in una "deformazione permanente" degli strati realizzati con materiale non legato (quindi: alterazione del profilo e della regolarità) e in un "accumulo di fatica" degli strati realizzati invece con materiali legati che, nel tempo, porta alla loro rottura.

Deformazioni e relative sollecitazioni si trasmettono in funzione delle caratteristiche dei differenti strati e del loro intimo collegamento.



Quando gli strati sono incollati, la sovrastruttura si comporta come un *unico blocco* e ciascun strato si deforma in funzione delle caratteristiche complessive di tutti gli strati ai quali è incollato e non più unicamente in funzione delle sue caratteristiche specifiche (modulo, spessore, ecc).

Al contrario, quando non c'è incollaggio, avviene uno *slittamento* degli strati gli uni sugli altri; ogni strato "lavora" in funzione delle proprie caratteristiche e le sollecitazioni sono mal disperse.

In questa ipotesi le deformazioni e le sollecitazioni alle interfacce (sommità e base degli strati) sono sensibilmente più rilevanti di quando gli strati sono incollati. Il processo di deformazione o di fatica degli strati sarà molto più rapido e la "durata di vita" della sovrastruttura meno lunga.

Il "mancato incollaggio" degli strati ha, per conseguenza, una struttura meno durevole nel tempo e più costosa in relazione alla necessità di manutenzione e i numerosi casi di scollamento osservati hanno dimostrato che non c'è proporzione tra l'economia realizzata inizialmente e le conseguenze negative che si verificano.

LA MANO D'ATTACCO CON EMULSIONE BITUMINOSA, RISPETTO A QUELLA CON BITUME CALDO, OFFRE ANCHE IL VANTAGGIO, PREZIOSO NEI CANTIERI DI LAVORO, DI POTER OPERARE SU SUPERFICI UMIDE.

LA MANO D'ATTACCO CON EMULSIONE BITUMINOSA ESERCITA QUINDI UN RUOLO FONDAMENTALE PER LA QUALITÀ E LA DURATA DELLE PAVIMENTAZIONI.

### 3.2 Materiali costituenti

Le mani d'attacco (o di ancoraggio) possono essere realizzate sia con emulsioni bituminose anioniche (50÷55%), che cationiche (55÷60%). La scelta è indifferente quando si tratta di normali ancoraggi tra strati bituminosi e dipende più dalle tradizioni in uso in ambito locale che da vere motivazioni tecniche ed economiche anche se, come abbiamo già precisato, le emulsioni cationiche danno più garanzie di affidabilità in relazione al clima, alla natura degli aggregati e alla stabilità allo stoccaggio. L'emulsione per mano d'attacco, è generalmente sempre con velocità di rottura media o rapida (indice di rottura 4).

Certe applicazioni necessitano invece di un ancoraggio più forte, realizzato con emulsione di bitume modificato, non solo per la garanzia assoluta dell'adesione ma anche perché una mano d'attacco con bitume modificato fornisce maggiore certezza per l'impermeabilizzazione sottostante (manti drenanti).

Altre volte, l'emulsione di bitume modificato è necessaria perché la stesa riguarda un conglomerato in strato sottile (1,5÷2,0 cm) e la superficie di appoggio è troppo liscia (conglomerati ultrasottili, splittmastix, ecc).

### 3.3 Formulazione ed esecuzione delle mani d'attacco

Le mani d'attacco sono generalmente e preferibilmente realizzate con emulsione cationica con bitume di penetrazione 70/100 o 160/220. Il dosaggio in bitume residuo deve essere come minimo di 0,3 kg/m<sup>2</sup> distribuito uniformemente con l'aiuto di una macchina spruzzatrice.

Per ottenere un incollaggio efficace, è sempre necessario un supporto pulito.

Un esame visivo preliminare del tratto deve essere sempre fatto per giudicare la necessità o meno di una pulizia della pavimentazione.

### Attrezzatura essenziale

Per la spruzzatura della mano d'attacco, si utilizza una semplice autocisterna termica munita di dispositivo di riscaldamento, con barra di distribuzione e controllo del dosaggio in relazione alla variazione di velocità di avanzamento.

Per piccole superfici si utilizza ancora la spruzzatrice manuale alimentata dal fusto.

Il quantitativo medio di emulsione per una mano d'attacco è di circa 0,5÷0,6 kg/m<sup>2</sup>.

Dopo la spruzzatura, si ha il cosiddetto fenomeno della "filmazione" ovvero della formazione di una pellicola di bitume uniforme su cui aderirà il nuovo conglomerato. La filmazione avviene per reazione chimica con il materiale sottostante e per evaporazione dell'acqua dopo la rottura.

Il passaggio degli autocarri che alimentano la finitrice, e le stesse ruote della finitrice, sciupano il film di emulsione precedentemente steso, talvolta irrimediabilmente. In particolare per i lavori speciali a base di emulsione modificata, si usa spargere una leggera quantità di graniglia (1,5 litri/m<sup>2</sup>) per salvaguardare la pellicola di bitume. A volte si sparge addirittura il filler.

Esistono anche moderne macchine vibrofinitrici dotate di una cisternetta per l'emulsione. La spruzzatura avviene a valle delle ruote motrici e prima del banco di stesa. Il lavoro avviene a perfetta regola d'arte ma è molto importante che l'emulsione abbia rottura immediata.

### **Avvertenze**

*Può succedere anche che il cattivo o il mancato incollaggio di due strati passi inosservato al momento della realizzazione del conglomerato. Il problema si manifesta con l'arrivo della stagione fredda allorché i materiali dei singoli strati si irrigidiscono diversamente e si staccano gli uni dagli altri.*

*La mancanza di emulsione, o il suo cattivo funzionamento, si riscontrano anche durante il carotaggio della pavimentazione. Se la carota si rompe separandosi in due o più strati, l'emulsione non c'è.*



Capitolo 4.

# *Trattamenti superficiali*





#### 4.1 Generalità e definizioni

Il trattamento superficiale è uno strato di usura di piccolo spessore costituito da uno o più strati sovrapposti di emulsione bituminosa e pietrisco.

La tipologia e le modalità esecutive del trattamento, dipendono dalla finalità stessa dell'intervento. I trattamenti superficiali sono diversi a seconda dell'intervento da attuare (per creare uno strato di usura, ripristinare una pavimentazione ammalorata o semplicemente per impermeabilizzare la sovrastruttura).

Utilizzati già all'inizio del secolo scorso, come velo per ridurre il sollevamento della polvere dalle strade bianche, i trattamenti superficiali si sono costantemente evoluti fino a diventare applicazioni privilegiate per l'usura in termini di impermeabilizzazione e rugosità.

Infatti, oggi, i trattamenti superficiali sono utilizzati come:

- **impermeabilizzazione** che ricopre e protegge dalle intemperie lo strato su cui è steso;
- **strato di usura** sottoposto alle aggressioni del traffico con caratteristiche di rugosità che favoriscano l'aderenza, assicurano un buon drenaggio delle acque superficiali, diminuiscono il rischio di "aquaplaning" e offrono una buona resistenza alla formazione del ghiaccio.

In ogni caso, così come vengono descritti di seguito, i trattamenti superficiali si applicano su una superficie, ammalorata o no, comunque già "nera".

#### 4.2 Materiali costituenti

##### Aggregati

L'aggregato del trattamento superficiale trasmette i carichi e favorisce l'aderenza tra pavimentazione e pneumatici. Per assicurare l'insieme di queste funzioni, deve essere duro, di forma appropriata, non gelivo, lavato e deve approfittare al massimo delle notevoli proprietà adesive delle emulsioni.

Vediamo nel dettaglio le caratteristiche dell'aggregato per trattamenti superficiali:

- La granulometria  
Gli aggregati normalmente utilizzati appartengono alle classi granulometriche 2/4, 4/6, 6/10, 8/12;
- La spigolosità  
Gli aggregati dei trattamenti superficiali sono totalmente frantumati e provengono da rocce massicce ad elevata densità;
- La forma  
La forma dei pietrischi deve essere il più possibile regolare e poliedrica evitando gli elementi piatti e allungati che sono fragili e si collocano male sulla pavimentazione;
- La pulizia  
Gli aggregati dei trattamenti superficiali devono essere particolarmente puliti; è quindi necessario un lavaggio accurato alla produzione. La presenza di argilla, anche in proporzioni molto scarse, è parecchio nociva: l'argilla è estremamente idrofila ed il forte rigonfiamento che si produce in presenza di acqua introduce una tendenza all'indebolimento del legame "legante/aggregato".

### Emulsione bituminosa

Fabbricata a circa 80 °C e stesa tra i 20 °C ed i 70 °C, l'emulsione bituminosa viene qualificata come "legante freddo". Il suo ruolo principale è quello di assicurare il fissaggio del pietrisco sulla base e nel contempo, impermeabilizzare la pavimentazione.

La scelta dell'emulsione bituminosa destinata ad un dato trattamento superficiale è stabilita in funzione del tipo di struttura del trattamento da realizzare, della sezione trasversale della pavimentazione, della natura della base, del clima, del periodo di esecuzione di lavori, del traffico e del termine per la riapertura al traffico.

Le emulsioni utilizzate nei trattamenti superficiali sono essenzialmente delle emulsioni cationiche modificate, a rapida rottura (indice di rottura 3) e con una quantità di bitume residuo superiore al 65%. L'ottimale è un contenuto di bitume prossimo al 69% e ad alta viscosità adatto anche per strade di montagna con forti pendenze longitudinali.

#### **Avvertenza**

*In realtà si possono utilizzare anche emulsioni bituminose non modificate, molto meno costose dal punto di vista economico ma il risultato finale è decisamente più scadente.*

### **4.3 Formulazione dei trattamenti superficiali**

Stabilita la tipologia del trattamento (monostrato, doppio strato, ecc.), la formulazione serve a definire la natura e la granulometria degli aggregati, il tipo di emulsione e i rispettivi dosaggi.

Si formula in funzione dei seguenti parametri:

- le caratteristiche fisiche della pavimentazione da rivestire (vecchio trattamento, conglomerato bituminoso, conglomerato cementizio), la qualità dei suoi costituenti (tipo di aggregati e di leganti), le condizioni dello strato (rugosità, omogeneità, fessurazioni), e la geometria del tracciato (andamento plano-altimetrico e sezione trasversale);
- le caratteristiche di uso della pavimentazione, quali il traffico (numero di veicoli al giorno, percentuale di mezzi pesanti, velocità) e le condizioni di esercizio (trattamenti invernali, o circolazione a più di 2 corsie);
- le condizioni ambientali, quali clima, vegetazione e le particolari condizioni atmosferiche al momento della realizzazione del trattamento;
- le disponibilità finanziarie.

#### **Avvertenza**

*La qualità del risultato finale, nonostante una formulazione corretta e senza errori, dipenderà sempre dalla modalità dell'esecuzione e dalle condizioni atmosferiche effettive al momento di tale esecuzione.*

Esistono due diverse strutture di trattamento superficiale: il **monostrato** e il **doppio strato**; la scelta dell'una o dell'altra è determinata dal traffico e dalle condizioni della superficie cui è destinato il trattamento.

La struttura monostrato è polivalente, quindi più diffusa e utilizzata per quasi tutti i tipi di traffico. Viene realizzata generalmente con una pezzatura monogranulare della classe 6/10 o 4/6. Possono essere realizzati anche trattamenti monostrato a "doppia granigliatura" utilizzando insieme le classi 2/4 e 8/10.

Il trattamento doppio strato è da preferire quando il traffico è importante e/o la superficie poco omogenea. Esso garantisce una migliore ripartizione dei carichi sugli strati profondi.

#### 4.4 Programmazione e preparazione

In genere, una campagna di trattamenti superficiali viene decisa dalla Direzione Lavori da un anno all'altro e deve essere completamente definita e programmata alla fine dell'inverno precedente. È quindi indispensabile che la Direzione Lavori e l'Impresa effettuino insieme una visita preventiva per stabilire la consistenza dei lavori e le esigenze esecutive. Durante il sopralluogo, si stabiliranno i punti per lo stoccaggio dell'emulsione e degli aggregati, le classi granulometriche da utilizzare, la quantità complessiva dei materiali ed eventuali lavori preparatori sulla pavimentazione. Solo allora, l'impresa potrà organizzare in proprio la sua campagna di trattamenti, decidere gli approvvigionamenti di aggregati e leganti, scegliere e preparare le attrezzature e i macchinari.

##### Attrezzatura essenziale

Per l'esecuzione dei trattamenti superficiali monostrato o doppio strato, l'attrezzatura essenziale è costituita da:

- motospazzatrice: di tipo semovente tale da garantire la perfetta pulizia della sede stradale;
- autocisterna termica per l'emulsione: deve essere dotata di dispositivo autonomo di riscaldamento e munita di pompa per spruzzare il legante. La rampa di spruzzatura deve assicurare l'uniforme distribuzione dell'emulsione sia in senso longitudinale che trasversale, secondo le quantità prestabilite, con accurato controllo del dosaggio;
- autocarro spandigraniglia: deve montare sulla parte terminale posteriore del cassone a ribaltamento idraulico un dispositivo a pettine di distribuzione della graniglia. Lo spandigraniglia può essere anche rimorchiato. L'altezza dei pettini deve risultare sempre molto vicina a terra (max 30 cm). La distribuzione degli aggregati deve sempre avvenire in maniera uniforme e continua secondo le quantità prestabilite;
- rullo compattatore statico: può essere metallico e/o gommato. Il tipo gommato a ruote multiple con battistrada liscio è preferibile perché non frantuma gli aggregati e deve esercitare una pressione non inferiore a 0,6 N/mm<sup>2</sup>;
- macchina combinata polivalente: da utilizzarsi in alternativa all'autocisterna spruzzatrice e allo spandigraniglia.

Maggiori dettagli sono stati forniti nel capitolo 2 "Macchine operatrici".

#### 4.5 Esecuzione del trattamento superficiale

##### Pulizia della pavimentazione

La pavimentazione esistente deve necessariamente essere pulita e presentare una superficie priva di degradi evidenti (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.

### **Avvertenza**

Se la superficie da rivestire non è "nera" ma è invece "bianca" (misto granulare naturale o trattato con calce o cemento, macadam, ecc), occorre un trattamento preventivo (impregnazione), descritto nel capitolo seguente.

La spazzolatura è indispensabile per assicurare una buona aderenza del rivestimento alla base. Diversamente infatti il trattamento potrebbe non tenere. È quindi tassativo evitare che uno strato di polvere o di altro materiale si interponga tra la base ed il rivestimento.

L'operazione di spazzolatura deve essere effettuata sufficientemente presto per non rallentare il ritmo del lavoro, e sufficientemente tardi per evitare che si sporchi di nuovo, prima della spruzzatura del legante.

### Spruzzatura dell'emulsione

L'intervento ha inizio con la spruzzatura dell'emulsione secondo il dosaggio prestabilito.

Tra tutti i leganti, l'emulsione bituminosa è la più tollerante per quanto riguarda le condizioni climatiche; nonostante ciò, l'esecuzione dei trattamenti che utilizzano questo legante deve essere interrotta in presenza di condizioni climatiche particolarmente sfavorevoli.

La spruzzatura dell'emulsione deve rispettare i seguenti parametri:

1) *Rispetto del dosaggio fissato*

In funzione dell'emulsione scelta e della larghezza della barra utilizzata, il conducente definisce, con l'aiuto dei dispositivi di regolazione della spruzzatrice, il rapporto necessario tra la velocità di avanzamento ed il numero di giri della pompa che determina il dosaggio del legante al suolo. Durante la spruzzatura, tale rapporto è mantenuto costante, sia per asservimento automatico, sia per lettura diretta da parte dell'autista di un tachimetro e di un contagiri.

2) *Distribuzione trasversale uniforme*

La barra di spruzzatura deve rispettare l'altezza da terra prescritta e le regolazioni stabilite in funzione del numero di spruzzatori utilizzati. Inoltre, la barra deve essere mantenuta, per quanto possibile, parallela alla sezione trasversale della pavimentazione. Una cattiva posizione della barra in altezza sarà causa di solchi poveri in legante e conseguente strappo degli aggregati a stesa ultimata.

3) *Messa in opera curata*

Ad ogni ripresa della stesa, è consigliato posizionare a terra, trasversalmente, una striscia di carta sufficientemente larga. Questa striscia riceverà il legante, per qualche decimetro, consentendo alla spruzzatrice di prendere velocità ottimale e funzionamento uniforme. I giunti trasversali saranno in questo modo puliti e netti, senza sovradosaggi o sottodosaggi puntuali. Questa tecnica può essere estesa all'arresto delle strisciate.

Al giunto di due strisciate adiacenti, la sovrapposizione deve essere definita ed eseguita con precisione, al fine di rispettare il dosaggio stabilito.

Al momento dell'esecuzione dei trattamenti multistrati, si devono sfalsare i giunti longitudinali e trasversali di ciascun strato, per almeno qualche centimetro (10÷20).

Dato che l'emulsione è un prodotto sigillante molto potente, si debbono proteggere, ove necessario, i coperchi dei pozzetti d'ispezione, i tombini ed altri accessori della pavimentazione, per consentire la piena fruibilità anche dopo la realizzazione del trattamento.

### Spargimento degli aggregati

Come l'emulsione, l'aggregato deve essere messo in opera con dosaggio fisso, con la maggiore regolarità possibile, sia in senso trasversale che in senso longitudinale.

Per ottenere il dosaggio e il mosaico di aggregati prescritti dalla formulazione, l'attrezzatura spandigraniglia deve rispettare i seguenti requisiti tassativi:

1) *Verificare le caratteristiche degli aggregati prima di ogni cantiere*

Secondo la loro provenienza, gli aggregati presentano caratteristiche geometriche variabili per una data classe granulometrica. Si deve dunque prendere la precauzione di effettuare delle verifiche, prima di avviare ciascun cantiere.

2) *Seguire regole rigide per la messa in opera*

Dopo aver spruzzato il legante, si devono spargere gli aggregati il più presto possibile. Lo spandigraniglia deve seguire la spruzzatrice entro un intervallo di tempo variabile da 20 a 40 secondi. Questo intervallo deve essere rispettato tanto più rigorosamente quanto più rapida è la rottura dell'emulsione, o quando l'emulsione sia stata spruzzata su una pavimentazione deformata e rischi quindi di scivolare verso i punti a quote inferiori.

Tutte le superfici ricoperte di legante devono essere ricoperte di aggregati. Si deve avere una cura particolare per i giunti: gli aggregati sciolti, non fissati al momento dell'esecuzione della prima strisciata devono essere spazzati prima di ricoprire il giunto con l'emulsione della seconda strisciata.

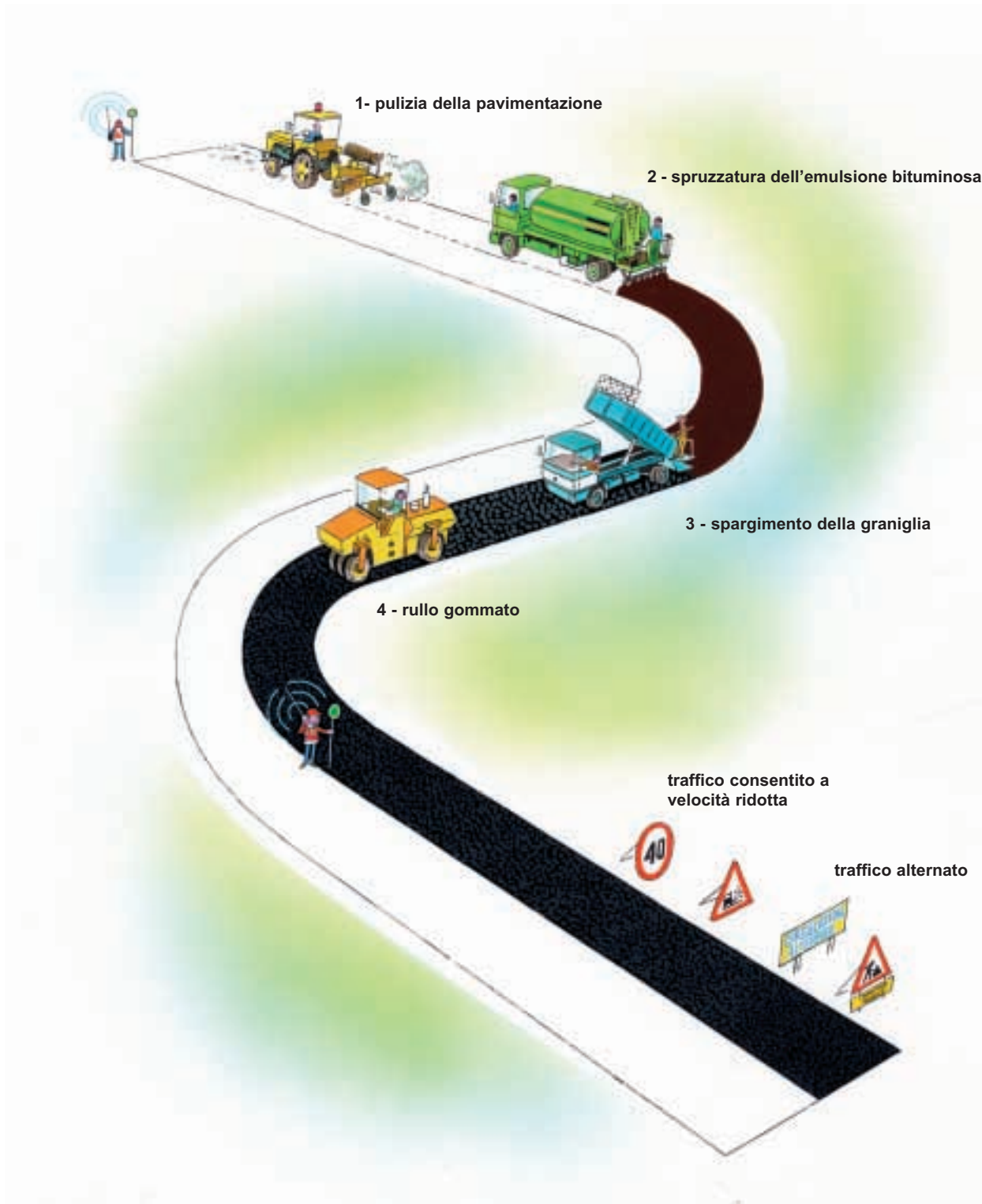
### Compattazione statica

La compactazione di un trattamento superficiale assicura l'incastonatura (indentatura) degli aggregati nella pellicola di legante. I rulli compactatori gommati assicurano perfettamente questa funzione. Si adattano alle irregolarità della pavimentazione e non frantumano gli aggregati. I migliori risultati si ottengono con pressioni dei pneumatici da 7 a 8 bar e con un numero di passate che varia da 3 a 5 con velocità diverse (3 km/h per le prime 10 km/h per le ultime).

### **Avvertenza**

*Nel caso di trattamento doppio strato, è preferibile non compactare eccessivamente il primo strato prima della posa del successivo. In effetti, la posa troppo decisa del primo strato può impedire un attacco soddisfacente del secondo. La compactazione di un multistrato deve essere eseguita dopo averlo totalmente messo in opera. Questa messa in opera totale deve essere sufficientemente rapida, affinché la compactazione sia eseguita prima dell'inizio della rottura dell'emulsione.*

-4- Trattamenti superficiali



**TRATTAMENTO MONOSTRATO**



## TRATTAMENTO DOPPIO STRATO

#### Pulizia finale e raccolta dello scarto

Lo scarto è costituito, dagli aggregati che si sono attaccati poco o niente, e da quelli che si sono staccati alla prima riapertura al traffico.

C'è interesse a rimuovere al più presto questi scarti di aggregati, dato che, oltre il fatto che possono presentare un pericolo per il traffico, possono impedire la formazione del mosaico, e opporsi al buon scorrimento dell'acqua di piattaforma ostruendo i dispositivi di evacuazione.

Di conseguenza, fin dalla formazione in cordone sul bordo e sull'asse delle corsie, lo scarto deve essere spazzolato, aspirato e rimosso.

Il traffico assicura una buona compattazione supplementare; tuttavia, nella fase iniziale, deve essere consentito a velocità limitata per la presenza di scarti non fissati.

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 nuovamente la motospazzatrice per eliminare ulteriormente il rigetto.

In caso di pioggia successiva alla stesa, la strada non deve essere riaperta al traffico immediatamente.

Capitolo 5.

# *Trattamenti di depolverizzazione di strade bianche*





## 5.1 Generalità e definizioni

La depolverizzazione a freddo viene effettuata sulle cosiddette "strade bianche" caratterizzate da pavimentazioni tipo *macadam* in misto granulare non legato, tipico di strade a basso volume di traffico.



Essa ha lo scopo di eliminare la polvere migliorando, nel contempo, la regolarità, l'aderenza e l'impermeabilità, mantenendo inalterato il contesto paesaggistico.

Il trattamento si sviluppa in due fasi successive. La prima fase, detta impregnazione, consiste nello spruzzare emulsione bituminosa a lenta rottura sulla pavimentazione esistente, seguita da una prima granigliatura e rullatura.



Una volta trasformata la pavimentazione "bianca" in una pavimentazione "nera", si procede con la seconda fase consistente nell'applicare un normale trattamento doppio strato, utilizzando emulsione bituminosa modificata a rapida rottura.

Come risultato finale, si ottiene un manto intimamente legato al vecchio strato trattato, con caratteristiche viscosi tali da permettergli di seguire senza fessurarsi eventuali assestamenti del sottofondo. Il manto si presenta ancora "bianco" in superficie ma senza polvere e con un buon comportamento all'azione di ruscellamento delle acque meteoriche.

### **Avvertenze**

*L'impregnazione di un supporto in misto granulare non trattato implica che il legante prescelto per questa applicazione sia in grado di penetrare abbastanza rapidamente, per capillarità, nei primi centimetri dello strato Macadam. Le caratteristiche del legante, in particolare la viscosità, devono essere perciò tali da non subire alterazioni prima che l'impregnante sia penetrato almeno nei primi due centimetri della base. L'emulsione utilizzata per i trattamenti di impregnazione contiene abitualmente il 50% di bitume puro. La sua viscosità "debole" (da 2 a 4 °Engler) e la sua velocità di rottura "lenta" rendono facile la penetrazione nel misto granulare.*

*E' fondamentale che la superficie da trattare sia realmente composta da un misto granulare frantumato di cava così come prescritto per le realizzazioni in macadam. In caso contrario, occorre intervenire sulla superficie della strada prima dell'impregnazione, mediante asportazione con grader e spargimento di una opportuna miscela di inerti. Questa osservazione è particolarmente importante in quanto non sempre le strade bianche sono realizzate in vero macadam, ma spesso sono trattate con materiali inerti di ogni genere (macerie, scarti di demolizione edilizia, frantumato locale sporco e argilloso) che crea parecchi problemi alla penetrazione dell'emulsione.*

*Il bitume modificato presente nell'emulsione della seconda fase (realizzazione del monostrato o doppio strato), grazie alla sua elevata viscosità, "prende" e fissa l'inerte alla base e non risale in superficie. Ciò conferisce alla pavimentazione l'aspetto chiaro tipico degli inerti utilizzati e lascia inalterato l'effetto paesaggistico ma con indubbi vantaggi. Questo effetto non si ottiene con le normali emulsioni non modificate.*

## **5.2 Esecuzione del trattamento di depolverizzazione**

### Attrezzatura essenziale

Per l'esecuzione dei trattamenti superficiali di depolverizzazione a freddo, l'attrezzatura essenziale è costituita da:

- **autobotte dell'acqua dotata di barra spruzzatrice:** deve consentire l'umidificazione con acqua dello strato di fondazione in misto granulare;
- **autocisterna termica per l'emulsione:** deve essere dotata di dispositivo autonomo di riscaldamento e munita di pompa per spruzzare il legante. La rampa di spruzzatura deve assicurare l'uniforme distribuzione dell'emulsione sia in senso longitudinale che trasversale, secondo le quantità prestabilite, con accurato controllo del dosaggio;
- **autocarro spandigraniglia:** deve montare sulla parte terminale posteriore del cassone a ribaltamento idraulico un dispositivo di distribuzione della graniglia a pettine. Lo spandigraniglia può essere anche rimorchiato. L'altezza dei pettini deve risultare sempre molto vicina a terra (max 30 cm). La distribuzione degli aggregati deve sempre avvenire in maniera uniforme e continua secondo le quantità prestabilite;

- **rullo compattatore statico:** può essere metallico e/o gommato. Il tipo gommato a ruote multiple con battistrada liscio è preferibile perché non frantuma gli aggregati e deve esercitare una pressione non inferiore a  $0,6 \text{ N/mm}^2$ ;
- **motospazzatrice:** deve essere di tipo semovente tale da garantire la rotazione e la perfetta funzionalità delle spazzole (non metalliche).

Esistono anche moderne "**macchine combinate polivalenti**" in grado di effettuare simultaneamente la stesa dell'emulsione bituminosa e lo spargimento della graniglia favorendo il migliore rivestimento dei granuli da parte del legante. Queste macchine sono da utilizzarsi in alternativa all'autocisterna spruzzatrice e allo spandigraniglia; sono assai efficaci, semplificano e velocizzano sensibilmente tutto il processo.

### Posa in opera

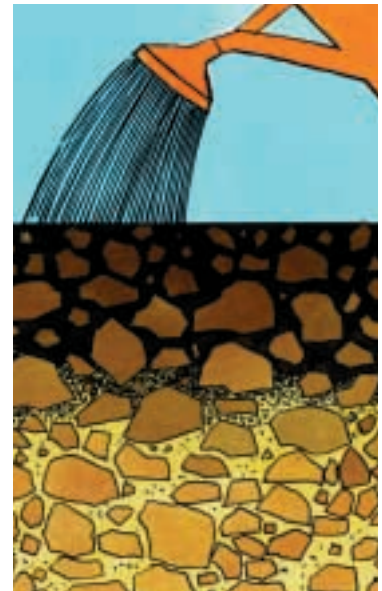
#### *Fase 1 - Preparazione della superficie di stesa e impregnazione*

Verificato precedentemente il materiale che compone il manto ed eventualmente "risagomato" il piano di posa con le necessarie pendenze, l'esecuzione del trattamento di depolverizzazione procede con l'umidificazione iniziale della superficie con l'autobotte dell'acqua. L'operazione si rende necessaria per impedire che la polvere favorisca la rottura anticipata dell'emulsione. Successivamente si applica la prima mano di emulsione bituminosa cationica al 50% di legante con l'apposita autocisterna spanditrice dotata di tutte le strumentazioni per il controllo del dosaggio durante la stesa. La cisterna spruzzatrice deve sempre assicurare ovunque l'uniformità di dosaggio.

Il dosaggio dell'emulsione da impregnazione può variare da  $2,5$  a  $3,0 \text{ kg/m}^2$  in relazione alla natura e alla compattezza del misto granulare da trattare.

Si procede quindi con la prima stesa di pietrischetto  $12/18 \text{ mm}$  mediante autocarro spandigraniglia che seguirà la cisterna spruzzatrice ad una distanza massima di  $40 \text{ m}$ . Il pietrischetto avrà caratteristiche conformi alle prescrizioni di capitolato e sarà dosato in ragione di  $12 \div 14 \text{ litri/m}^2$ .

L'impregnazione si conclude con una rullatura di almeno  $5$  passate con una velocità di  $2 \div 3 \text{ km/h}$  per le prime tre e di  $8 \div 10 \text{ km/h}$  per le rimanenti. Anche il rullo dovrà procedere ad una distanza di circa  $40 \text{ m}$  dallo spandigraniglia.



#### *Fase 2 - Posa del doppio strato*

Per l'esecuzione del "doppio strato" è prevista l'applicazione di emulsione bituminosa cationica modificata al 65% di legante, in ragione di  $1,5 \text{ kg/m}^2$ , seguita dallo spargimento di graniglia di saturazione  $8/12 \text{ mm}$  secondo i dosaggi stabiliti (mediamente  $8 \div 10 \text{ litri/m}^2$ ).

Il secondo strato si realizza in modo analogo al primo, prevedendo l'utilizzo di aggregati di ricoprimento in pezzatura  $4/8 \text{ mm}$ , in ragione di  $6 \div 8 \text{ litri/m}^2$ .

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 le medesime modalità.

Prima della riapertura al traffico, l'impresa è tenuta a provvedere alla rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita motospazzatrice aspirante.

### **Avvertenze**

*L'applicazione della seconda e terza stesa di legante non deve causare sovrapposizioni dei giunti longitudinali. I giunti longitudinali non devono essere ubicati nelle zone della carreggiata più battute dalle ruote dei veicoli.*

*I granulati di rigetto dal bordo della prima strisciata di stesa devono essere eliminati prima della spruzzatura della strisciata adiacente.*

*L'apertura al traffico è fondamentale per il completamento e la finitura del mosaico di incastro del trattamento. Per ragioni di sicurezza però, per i primi 7 giorni è opportuno procedere a velocità limitata, non superiore a 40 km/h, per la quale è necessario predisporre apposita segnaletica.*

*L'esecuzione del trattamento non deve essere effettuata 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.*

*Per ragioni di sicurezza, in caso di forte pioggia successiva alla stesa, la strada non deve essere riaperta immediatamente al traffico; attendere una prima asciugatura.*

Capitolo 6.

***Microtappeti colati  
a freddo  
(slurry seal)***





## 6.1 Generalità e definizioni

Le "malte bituminose per irruvidimento" dette anche "slurry seal", sono miscele a consistenza fluida, autolivellanti che, mediante apposite macchine, vengono stese a temperatura ambiente in strati molto sottili. Per questo motivo sono definite anche "microtappeti colati a freddo".

Con il termine "malta bituminosa", "slurry seal", "microtappeto", si indica quindi sempre lo stesso prodotto, confezionato e steso alla stessa maniera (in realtà, lo slurry seal originale è confezionato esclusivamente con sabbia 0/4).

Come tutti i trattamenti superficiali, anche i microtappeti colati a freddo hanno lo scopo di irruvidire la pavimentazione e nel contempo, impermeabilizzare la sovrastruttura stradale, sigillando ogni fessura. La differenza consiste soprattutto nel tipo di strada da "trattare".

Diversamente dai trattamenti superficiali che abbiamo precedentemente illustrato, adatti soprattutto alla viabilità secondaria e alle strade rurali a scarso volume di traffico, gli slurry, al contrario, si utilizzano sulla viabilità ordinaria e anche su strade ad elevato volume di traffico.

Queste malte bituminose, si ottengono impastando aggregati di dimensioni inferiori o uguali a 10 mm, con emulsioni di bitume e lattice, con aggiunta di acqua, cemento, idonei additivi ed eventualmente anche fibre.

In genere, alle operazioni di stesa, non segue alcuna rullatura (altra differenza con i trattamenti monostrato o doppio strato). La rapida riapertura al traffico favorisce la presa e l'assestamento dei materiali stesi.

Le applicazioni di slurry seal, sono molto efficaci; la tecnica è particolarmente adattata ai lavori di manutenzione preventiva e, in una certa misura, ai lavori di manutenzione curativa, purché non si pretenda un rafforzamento di struttura.

In particolare, i microtappeti colati a freddo si utilizzano per:

- manutenzione delle pavimentazioni della viabilità urbana ed extraurbana, anche sottoposta a traffico pesante come può essere una pavimentazione autostradale;
- ripristino delle caratteristiche superficiali del manto sulle tratte in curva, in pendenza e nei punti ove è necessario garantire elevata aderenza (incroci, caselli autostradali, corsie di decelerazione ecc.);
- trattamenti di irruvidimento e impermeabilizzazione su ponti e viadotti.

Sul piano della sicurezza, l'aumento della rugosità in modo durevole, riscontrabile con valori ottimali di micro e macro tessitura superficiale della pavimentazione, favorisce l'aderenza pneumatico/strada e di conseguenza il controllo della frenata e delle traiettorie impostate dal veicolo in movimento.

Sul piano operativo, la semplicità e la rapidità di messa in opera, consentono la riapertura in tempi brevi, limitando il disagio agli utenti.

## 6.2 Materiali costituenti

### Aggregati

Devono rispondere a criteri ben precisi di durezza (L.A.<18%), resistenza alla levigatura (C.L.A. > 0,46) e pulizia. Tali criteri corrispondono alle specifiche degli aggregati di migliore qualità per tappeti di usura sottoposti a forte traffico.

Le pezzature degli aggregati sono comprese nelle classi 0/3, 3/5, 4/8 mm. Solitamente, il pietrischetto 4/8 è presente nella miscela per una percentuale compresa tra il 30 e il 40%.

### Emulsioni

Deve essere preferibilmente impiegata emulsione bituminosa al 60÷65% di bitume residuo con lattice di gomma preventivamente disperso nella fase acquosa. La velocità di rottura è lenta (indice di rottura 5÷6) ma si preferisce definirla "controllata".

La velocità di rottura dell'emulsione deve sempre essere oggetto di un accurato studio di laboratorio, precedente alla realizzazione del cantiere.

L'emulsione deve permettere di:

- resistere alle agenti climatici (pioggia o umidità);
- far presa, onde riaprire al traffico nel più breve tempo possibile;
- legare aggregati acidi (comunemente più duri) o misti.

In relazione al tipo di miscela, generalmente si utilizza emulsione bituminosa con lattice, in ragione del 12÷14% in peso sugli inerti, onde lasciare un contributo di legante bituminoso pari ad almeno il 7%.

### Agente regolatore di rottura (filler), acqua ed additivo

Le prestazioni della malta bituminosa dipendono in particolare, dalla qualità della rottura dell'emulsione. Questa, a sua volta, è il risultato dell'adeguamento di vari parametri:

- caratteristiche dell'emulsione;
- presenza di un "regolatore di rottura" (cemento, in quantità variabile tra 0,5 e 1,5%);
- presenza e dosaggio di un additivo in funzione della reattività degli aggregati.

### **Avvertenza**

*Solitamente, in fase di stesa, viene aggiunta una quantità di acqua pari al 10% in peso sugli inerti per facilitare l'omogeneizzazione del prodotto, favorendone la consistenza e la plasticità. Un eccesso di acqua può provocare il dilavamento degli inerti; all'opposto, un difetto può provocare la rottura immediata dell'emulsione.*

### 6.3 Formulazione della miscela

Le formulazioni sono oggetto di specifiche interne alle imprese specializzate e devono permettere di raggiungere i risultati prescritti dal capitolato. Esse in particolare riguardano:

- la garanzia di una buona rugosità a medio e lungo termine (misura periodica dell'altezza in sabbia ( $HS > 0,7$  mm) e del coefficiente di attrito trasversale ( $CAT \geq 65$ ) in relazione al livello traffico e della velocità dei veicoli;
- l'impermeabilizzazione della base;
- la garanzia di una buona qualità anche in considerazione del clima e delle temperature esterne.

La modulazione della formula permette di adattare la tecnica a tutti le classi di traffico, dai traffici più leggeri fino a quelli più pesanti.

Le caratteristiche degli aggregati sono, bene inteso, in funzione dell'intensità e della velocità del traffico.

#### **Avvertenza**

*La tecnica deve essere applicata con precauzione nel caso di una notevole alterazione del profilo longitudinale e trasversale.*

In genere, un tappeto di slurry, presenta le seguenti qualità:

- durabilità;
- impermeabilità;
- scarso rumore di rotolamento;
- eccellente anti-scivolamento;
- assenza di rigetto degli aggregati;
- assenza di indentazione degli aggregati nella base;
- assenza di trasudazioni di bitume.

Il trattamento ha una certa efficacia anche sulle pavimentazioni porose o su porzioni di esse (si aggiungono micro fibre), migliora l'estetica della superficie e consente di trattare localmente le ormaie longitudinali e le superfici con fessure limitate. In quest'ultimo caso si può intervenire anche con due passate di malta, la prima funge infatti da rasatura di supporto per la seconda passata.

Tutto ciò, offre eccellenti garanzie per il miglioramento della sicurezza stradale.

### 6.4 Programmazione e preparazione

La programmazione dell'intervento riguarda soprattutto l'operatività del cantiere (spazi di manovra, aree di sosta per il carico degli inerti, ecc), in relazione ai tempi di lavoro prevedibili e ai flussi di traffico esistenti. Poi si passa alla scelta della macchina più adatta al lavoro.

### Macchinari essenziali

Esistono due diverse tipologie di macchine per la posa degli slurry, già descritte nel capitolo 2 "Macchine operatrici", che condizionano le modalità di stesa soprattutto in relazione ai tempi di esecuzione:

- 1) Le macchine tradizionali, che hanno una autonomia legata al volume degli aggregati che la macchina può trasportare;
- 2) Le macchine a caricamento frontale, che sfruttando una tramoggia polmone, operano senza soluzione di continuità.

Se si utilizza una macchina tradizionale, discontinua, è indispensabile prevedere in anticipo i punti di rifornimento e verificare la disponibilità di piazzole di sosta o di stoccaggio dei materiali.

Se si utilizza invece una macchina caricamento frontale è bene sapere che questa necessita sempre di almeno due corsie; una per la stesa, sulla quale avviene anche il caricamento degli inerti, l'altra per il rifornimento dell'acqua e dell'emulsione bituminosa. Per questo motivo, questa macchina è particolarmente adatta ai lavori in autostrada.

Nella macchina tradizionale è molto importante ottimizzare il ciclo di lavoro composto da tre fasi: carico, trasporto e stesa. Esso può variare da 1 a 2 ore a seconda del tipo di macchina e da come è sistemato il cantiere. La stesa è velocissima (la velocità di avanzamento per entrambe le macchine, si aggira sui 3÷4 km/h) e si esaurisce nel giro di un quarto d'ora, il tempo restante, è impiegato per andare e tornare al deposito dei materiali e per il caricamento. Per questo, la presenza di una seconda macchina riduce notevolmente i tempi morti e velocizza il lavoro.

## **6.5 Esecuzione dell'intervento**

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 e la stesa dell'impasto avvengono mediante l'apposita macchina che trasporta in proprio tutti i materiali costituenti (aggregati lapidei premiscelati, emulsione bituminosa, acqua e additivi regolatori di rottura). La macchina garantisce anche il corretto dosaggio, una intima miscelazione, la stesa ed il livellamento delle miscele mediante l'apposito banco, corredato di bandella di gomma o di lama metallica.

### **Avvertenza**

*L'esecuzione della stesa con la bandella di gomma è diversa dall'esecuzione con la lama di metallo. Mentre la gomma infatti segue il profilo della superficie adattandovi lo spessore della malta, la lama consente invece un minimo di riprofilatura che va però eseguita in due passate. La lama metallica può essere inclinata trasversalmente fino ad un centimetro, consentendo alla macchina di riprofilare la strada e completare, in passate successive, anche strade a geometria variabile (sezione della carreggiata più ampia o più stretta). L'aspetto finale di uno slurry trattato con la lama di metallo è decisamente più aspro, ruvido e assai meno pettinato.*

*Tanto la gomma, quanto la lama, al termine di ogni lavoro devono essere perfettamente pulite per evitare che il materiale eventualmente aderito, lasci solchi evidenti.*

La squadra di stesa ottimale è composta da sei operai più due "movieri" addetti al controllo del traffico: un operatore di stesa, un autista, due operai al banco, uno alla finitura e uno al deposito di caricamento.

PUR NON UTILIZZANDO IL RULLO, UNA SQUADRA DI SLURRY NECESSITA DI ALMENO DUE PERSONE IN PIÙ RISPETTO A QUELLE CHE STENDONO IL CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO.

LA COMPETENZA DELL'OPERATORE DI STESA, L'AFFIATAMENTO E L'ABILITÀ DELLA SQUADRA SONO DI ASSOLUTA IMPORTANZA PER IL SUCCESSO DELL'APPLICAZIONE DELLO SLURRY SEAL.

La velocità di stesa è notevole, per cui nell'arco di una giornata, si possono trattare anche superfici molto ampie.

Generalmente, una macchina tradizionale, ha una capacità operativa di 1.500÷2.000 m<sup>2</sup> per ogni carico, in relazione alle caratteristiche della macchina e al tipo di miscela stesa. In una giornata di lavoro si possono stendere mediamente anche 8÷10.000 m<sup>2</sup> di slurry.

Se si utilizza una macchina a caricamento frontale il rendimento è superiore e si possono ipotizzare superfici di stesa di 16÷20.000 m<sup>2</sup> al giorno. Di contro, gli ingombri maggiori (anche 18 metri di lunghezza) rendono più difficili alcune manovre e come già detto, è necessaria una seconda corsia libera per il rifornimento dei liquidi.

Lo spessore della malta in opera è compreso tra 4 e 8 mm (a seconda della granulometria massima del materiale che si impiega) e non modifica il profilo né richiede l'innalzamento successivo dei chiusini e dei pozzetti presenti sulla sede stradale. Nessun problema nemmeno per i cordoli dei marciapiedi se si lavora in città, mentre per le caditoie e i giunti sui ponti e sui viadotti, si deve avere l'avvertenza di coprirli sempre preventivamente.

Pochi minuti dopo la stesa, l'emulsione si rompe e l'acqua se ne va seguendo la pendenza del piano stradale, mentre il legante comincia a far presa.

In particolari situazioni la Direzione Lavori potrebbe ordinare, dopo la stesa della malta e prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione del "microtappeto" prevedendo lo spargimento di cemento (da 0,5 a 1,0 kg /m<sup>2</sup> di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli leggeri. Il cemento però lascia una visibile zona bianca e rovina l'effetto estetico finale.

Generalmente la strada viene riaperta al traffico dopo 1,0÷1,5 ore dall'inizio stesa.

Nelle zone soggette ad 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 refluitamento del legante.

Il trattamento così effettuato, dura in genere qualche anno (in relazione al tipo di traffico) e può essere ripetuto più volte prima del rifacimento di un tradizionale tappeto di usura a caldo. Nel frattempo, la pavimentazione così trattata, offre all'utente della strada, ottime condizioni di sicurezza.

### **Avvertenze**

*La produzione o la posa in opera del microtappeto deve essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore a 10 °C ed in caso di pioggia.*

*L'operatore deve essere molto abile nel variare i dosaggi dei componenti (in particolare il cemento e gli additivi) in relazione ai cambiamenti repentini di temperatura e umidità che possono presentarsi nelle zone di intervento come può avvenire, ad esempio, quando la stesa, pur in continuo, passa da una zona in ombra ad una al sole.*

*Lo slurry necessita di 24 ore per una prima maturazione; in questo intervallo di tempo è assolutamente importante che non piova e non faccia gelo. La maturazione completa si ha nel giro di un mese dalla stesa.*

*Gli aggregati utilizzati vanno preventivamente miscelati prima del caricamento. L'impiego di una gru con la benna mordente, riduce il rischio di segregazione rispetto all'azione della pala meccanica.*

*L'aggiunta di pigmenti colorati (ossidi di ferro o altri), consente di ottenere slurry di vari colori adatti soprattutto per differenziare o evidenziare corsi specifiche (corsie pedonali, piste ciclabili, ecc. Questa pratica è molto diffusa all'estero ma viene praticata utilizzando macchine di piccola dimensione.*

Capitolo 7.

# ***Riciclaggio a freddo di fresati bituminosi in sito e in impianto***





## 7.1 Generalità e definizioni

"Riciclare" significa utilizzare uno scarto di lavorazione o un residuo di demolizione per produrre un nuovo prodotto; nell'uso comune, in campo stradale, con questo termine si intende qualsiasi possibilità di recuperare e riutilizzare il fresato e anche altri prodotti (es. scorie d'altoforno) nella produzione di un nuovo conglomerato bituminoso.

Nel rispetto delle specifiche metodologie produttive, si può sicuramente affermare che il fresato può essere recuperato e reimpiegato totalmente con grande vantaggio per l'ambiente. Si riduce infatti il ricorso alle cave di prestito per i nuovi inerti, si rimette in gioco il legante bituminoso della vecchia pavimentazione, si evita di portare in discarica un materiale da costruzione di ottima qualità.

Tutte quelle attività ed azioni che permettono il recupero ed il riutilizzo del fresato tramite riscaldamento, rientrano nelle attività di riciclaggio "caldo", mentre le operazioni che non prevedono il preventivo riscaldamento dei materiali ma semplicemente l'aggiunta di leganti e rigeneranti rientrano nelle attività di riciclaggio a "freddo".

Il riciclaggio a freddo è realizzato mediante idonee attrezzature che consentono di miscelare in continuo il fresato con emulsione di bitume (quasi sempre modificato), cemento, acqua e aggiunta di eventuali inerti vergini di integrazione.

L'operazione di riciclaggio del fresato, può essere eseguita sia in appositi impianti fissi che in sito tramite l'uso di speciali macchinari semoventi che contestualmente fresano, impastano e stendono il prodotto.

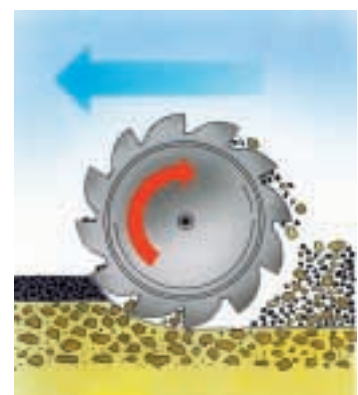
LA TECNICA DEL RICICLAGGIO A FREDDO DELLE PAVIMENTAZIONI BITUMINOSE È RELATIVAMENTE RECENTE ED È OGGETTO DI RICERCHE E SVILUPPI CONTINUI; TROPPE VARIABILI E TROPPI FATTORI LA CONDIZIONANO PER POTER ESSERE TRATTATA IN MANIERA UNIVOCA ED ESAURIENTE. ESSA RAPPRESENTA INEQUIVOCABILMENTE UNA NUOVA SFIDA PER TECNICI E PROGETTISTI E PER L'INTERA INDUSTRIA DEL SETTORE.

## 7.2 Materiali costituenti

### Fresato bituminoso

Si definisce "fresato bituminoso" il materiale che si ottiene dalla frantumazione a blocchi (scarifica) e successiva vagliatura oppure dalla fresatura a freddo degli strati in conglomerato bituminoso costituenti la pavimentazione stradale. Nel gergo operativo di cantiere, il termine "fresato bituminoso" è abbreviato semplicemente in "fresato".

Il fresato è una miscela di aggregati, con una curva granulometrica propria, generalmente caratterizzata da un'elevata percentuale di fini, che contiene bitume invecchiato.



### **Avvertenze**

*L'impiego del fresato nelle operazioni di riciclaggio, necessita di alcune attenzioni; in particolare, prima del suo trattamento in impianto, deve essere rifrantumato e vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori ai valori massimi previsti per la miscela, che spesso si formano in deposito.*

*Secondo le norme CEN della serie 13108 relative ai conglomerati bituminosi a caldo, il fresato (RAP- Reclaimed Asphalt Pavement) può essere introdotto nelle percentuali massime del 10% nei conglomerati per tappeto d'usura e 20% nei conglomerati per gli strati di collegamento e base, senza alcuna prescrizione particolare; oltre queste quantità, la presenza di fresato deve seguire precise istruzioni per l'impiego (studio del legante invecchiato, dosaggio e gradazione del nuovo legante ecc.). Molta attenzione è posta alla fase precedente l'impiego, quella cioè della selezione e dello stoccaggio del materiale, per verificare l'assenza di impurità o inquinanti di qualsiasi genere.*

*Per l'impiego del fresato nel ciclo a freddo, nessuna disposizione o norma tecnica è stata ancora predisposta dal CEN.*

### Inerti di integrazione

Sono indispensabili quando la composizione granulometrica del materiale fresato a disposizione non consente di realizzare la curva di progetto.

Gli inerti di integrazione devono avere le caratteristiche di accettazione dei materiali inerti normalmente richiesti dai capitolati per i conglomerati bituminosi e solitamente costituiscono la frazione medio alta della granulometria richiesta dal prodotto finito.

### Emulsioni

Le emulsioni che rispondono meglio ai requisiti di accettabilità per le lavorazioni connesse al riciclaggio a freddo delle pavimentazioni sono quelle cationiche modificate al 60÷65% di bitume residuo, a rottura molto lenta (indice di rottura 6), dette anche "sovrastabilizzate". Esse offrono maggiori garanzie sia come potere legante che come velocità di rottura. La rottura dell'emulsione deve avvenire infatti nella giusta fase operativa e mai prima.

Attualmente le principali tecniche di riciclaggio basano la loro sinergia sull'utilizzo congiunto di emulsioni di tipo modificato in abbinamento al cemento.

L'emulsione assicura coesione, stabilità e flessibilità all'impasto mentre il cemento conferisce rigidità al nuovo conglomerato e favorisce la disidratazione dell'impasto in tempi brevi.

Il bitume che compone l'emulsione non subisce riscaldamento in fase di produzione del conglomerato e quindi mantiene inalterate nel tempo, le sue caratteristiche originali di elasticità, adesione e coesione.

### Cemento

E' da considerarsi un componente sinergico del processo, importante per la maturazione finale del conglomerato e per conferirgli capacità portante. Deve prevedersi l'utilizzo di cemento Portland o pozzolanico con classe di resistenza 325.

## Acqua

Deve essere impiegata acqua esente da sostanze organiche allo scopo di umidificare l'impasto favorendone la miscelazione e successivamente la compattazione in fase di stesa. Il dosaggio dell'acqua è sempre molto delicato e va effettuato con la massima attenzione.

### 7.3 Formulazione della miscela

Con la tecnica a freddo, è fondamentale, al fine di ottenere i risultati richiesti, procedere ad uno studio preliminare del conglomerato prima di iniziare la produzione e nel contempo scegliere accuratamente le materie prime da impiegare ed i relativi dosaggi.

Il corretto studio di formulazione è una fase molto importante che coinvolge tutti i processi del riciclaggio delle pavimentazioni siano essi a caldo che a freddo.

Innanzitutto occorrerà:

- individuare le caratteristiche della pavimentazione stradale su cui si deve intervenire;
- preparare accuratamente il fresato stoccato in cantiere mediante:
  - riselezionatura ed eventuale frantumazione;
  - analisi di laboratorio per accertare l'invecchiamento del bitume, la granulometria del fresato e il contenuto di umidità.

Successivamente si potrà studiare e progettare la miscela, avendo cura di:

- scegliere adeguatamente il legante;
- ottimizzare la percentuale d'acqua in funzione dell'umidità residua del fresato;
- ottimizzare il contenuto di cemento;
- calcolare i tempi di trasporto, di stesa e quelli di riapertura al traffico.

Per una corretta progettazione si ricorda che le metodologie di studio attuabili possono essere sia di tipo empirico, come la metodologia Duriez, che di tipo prestazionale, come la tecnica che utilizza la pressa giratoria, entrambe precedute dallo studio teorico del bitume.

Alcune imprese hanno messo a punto metodologie proprie con soddisfacenti risultati. A titolo di informazione diremo che per il riciclaggio a freddo del fresato bituminoso possono essere impiegati i seguenti dosaggi teorici:

Componente	Quantità in %
Fresato bituminoso	90 ÷ 100
Emulsione per rigenerazione a freddo	3,0 ÷ 5,0
Cemento in polvere 325	1,0 ÷ 3,0
Acqua	1,0 ÷ 5,0

## 7.4 Riciclaggio in impianto fisso

Il riciclaggio a freddo può essere effettuato sia con macchine ed attrezzature specifiche installate in modo permanente (riciclaggio in impianto fisso), sia con particolari macchine che seguono il cantiere (riciclaggio in situ).

La scelta di riciclare in impianto fisso consente un maggior controllo delle variabili del processo produttivo e di utilizzare il fresato preventivamente accumulato presso il cantiere.

Questi impianti permettono infatti un ottimo controllo del dosaggio del fresato e del materiale d'integrazione; lo stesso dicasi per i leganti idraulici e per quelli di base bituminosa. Inoltre, al fine di ottenere le caratteristiche di progetto è possibile variare i componenti in relazione al mutare delle caratteristiche del fresato (granulometria, percentuale di bitume, umidità, ecc).

Gli impianti per il riciclaggio appartengono a due tipi di categorie:

- impianti specifici fissi, nati esplicitamente per il riciclaggio a freddo;
- impianti atti a produrre del misto cementato da 100÷150 t/h a funzionamento continuo,



opportunamente modificati.

Nell'uno o nell'altro caso l'impianto è composto da:

- un sistema di frantumazione e riselezionatura del fresato;
- due o più predosatori per il fresato e per gli aggregati di integrazione;
- un silos per il cemento con abbinata una coclea a velocità variabile;
- un serbatoio di stoccaggio dell'emulsione bituminosa;
- un serbatoio per l'acqua con misuratore di portata;
- un mescolatore di tipo continuo a due alberi;

- rampa per l'emulsione;
- attrezzature e strumenti di controllo e dosaggio;
- un nastro di carico del prodotto finito sull'autocarro.

Di solito non è presente il silo di stoccaggio del prodotto finito, perché il conglomerato riciclato a freddo, viene immediatamente scaricato sugli automezzi di trasporto.

Particolare attenzione deve essere prestata alla preparazione del fresato prima dell'ingresso nell'impianto, valutandone accuratamente le pezzature, le impurità e l'umidità.

L'impianto deve essere in perfetto stato: le portate degli aggregati, del fresato e del cemento, nonché l'alimentazione dell'acqua e la taratura della pompa d'adduzione del legante devono essere accuratamente verificati prima della lavorazione, al fine di garantire la corretta produzione della miscela.

All'uscita del mescolatore, il fresato riciclato deve apparire ben impastato e completamente avvolto dal legante.

## 7.5 Riciclaggio in sito

Il riciclaggio a freddo trova nell'esecuzione in sito la sua espressione più tipica. Esso viene eseguito mediante appositi "treni di riciclaggio" composti da una serie di macchine. La composizione dei treni varia in funzione delle modalità previste per l'intervento. La prima macchina generalmente è una fresa che lavora alla profondità prevista dal progetto. Il fresato viene quindi prelevato dalla macchina che segue e impastato con emulsione e cemento per essere avviato ad una finitrice che lo stende oppure ad un grader. Tutte queste operazioni possono essere eseguite anche da un'unica macchina semovente detta "riciclatrice" che fresa, impasta e stende contemporaneamente al suo avanzamento.

La riciclatrice, a sua volta, può avere il tamburo di fresatura a larghezza fissa oppure variabile (in questo caso sono tre cilindri su due assi paralleli), può essere dotata o meno di un mescolatore



separato ad alberi longitudinali ed eventualmente, ma non sempre, anche di un banco di stesa.

Il treno è completato da uno o più rulli che seguono e dalle autobotti dell'emulsione e dell'acqua che, generalmente, lo precedono.

Gli inerti di integrazione ed il cemento vengono preventivamente sparsi sulla carreggiata prima dell'intervento per essere inglobati nel processo. Sono disponibili anche soluzioni tecniche che prevedono l'apposito silo per il cemento in polvere oppure sottoforma di boiaccia e le tramogge mobili per gli inerti di integrazione.

Le scelte devono chiaramente valutare sia gli ingombri del cantiere che i costi.

L'insieme deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

## 7.6 Esecuzione dell'intervento

Il riciclaggio di una pavimentazione non è un intervento di manutenzione ordinaria; è un vero progetto pertanto deve essere preventivamente studiato e programmato.

Si interviene quando gli ammaloramenti o i difetti della pavimentazione non riguardano più le sole caratteristiche superficiali ma sono riconducibili a problemi più gravi di portanza. Si tratta quindi di mettere in opera tecniche di risanamento profondo o di rafforzamento del pacchetto che compone la sovrastruttura, spingendosi spesso fino al sottofondo.

Occorre pertanto disporre di dati relativi alla tipologia di traffico che interessa la pavimentazione (numero di assi da 12 t che passano sulla strada in un determinato periodo di tempo) e dati sulla capacità portante del sottofondo, della fondazione e dei pacchetti legati. Poi si dovrà programmare il tipo d'intervento, stabilendo a priori la vita utile che la sovrastruttura risanata o rafforzata dovrà sostenere.

Il riciclaggio in profondità è idoneo al consolidamento e al rafforzamento degli strati bassi della pavimentazione e si attua con interventi che si spingono oltre i 30+40 cm dal piano a quota zero. A seconda del progetto e degli obiettivi che questo si propone (per esempio incrementare i valori di portanza) può essere effettuato in diversi modi e a diverse profondità.

Di seguito illustriamo brevemente alcuni metodi di intervento, tra quelli più diffusi per il risanamento e il consolidamento delle sovrastrutture, presentati in ordine decrescente di difficoltà e di costo. Essi comportano rispettivamente il riciclaggio del fresato in impianto fisso (metodo 1) e quello effettuato direttamente in sito (metodi 2 e 3); esistono poi infinite varianti ed estensioni di questi metodi che i progettisti metteranno a punto di volta in volta.

### METODO 1)

Fresatura profonda effettuata in due tempi, con asportazione separata del conglomerato bituminoso e della fondazione in misto granulare.

Il sistema consiste essenzialmente nell'asportare prima tutto il pacchetto dei "neri" e successivamente quello dei "bianchi" che compone il resto della sovrastruttura, fino a interessare una parte o anche tutta la fondazione in misto granulare. Si applica quando il problema deriva dalla scarsa portanza della fondazione in misto granulare (a volte i materiali inerti che la compongono non sono ido-

nei, a volte lo spessore in opera non è quello previsto dal progetto).

L'intervento viene eseguito in più fasi, utilizzando normalissime frese ad alta profondità e con l'impiego di numerosi mezzi di trasporto per portare a destino il materiale di risulta. Il fresato bituminoso viene trasportato in cantiere di produzione dove un apposito impianto fisso lo tratterà con emulsione e con i materiali d'integrazione necessari al fine di restituire una nuova miscela congrua con le prescrizioni di capitolato. Poi la fresa ritorna sullo scavo e con una seconda passata asporta tutto il misto granulare non idoneo. Questo materiale non verrà più reimpiegato nel ciclo produttivo di questo lavoro ma sarà destinato ad altri scopi (riempimento ecc.). Successivamente il conglomerato a freddo ottenuto dal fresato bituminoso, viene riportato sullo scavo e posto in opera con apposite finitrici, in sostituzione del misto granulare sciolto asportato un precedenza.

Segue un'immediata compattazione con rullo d'acciaio vibrante da 12÷14 t, (meglio se è monotamburo perché la compattazione risulta più efficace) accompagnata da un numero notevole di passate con rullo gommato avente massa statica superiore alle 16÷18 t.

La rullatura ha lo scopo di compattare il conglomerato, eliminando gran parte dell'acqua in esso contenuta e favorendo la presa dell'emulsione.

Infine, viene ripristinato un nuovo pacchetto di conglomerato bituminoso a caldo utilizzando inerti vergini. Il pacchetto dei neri può essere ulteriormente migliorato se realizzato in "alto modulo".

Sono assolutamente sconsigliate lavorazioni eseguite con temperature al di sotto dei 10 °C ed in presenza di forte umidità.

### **Avvertenza**

*L'intervento sopra descritto è molto costoso, ma i risultati che si ottengono sono estremamente validi soprattutto in termini di modulo di deformazione dello strato riciclato. E' particolarmente adatto a strade e autostrade soggette al transito di numerosi mezzi pesanti. Le modalità dell'intervento richiedono la chiusura delle carreggiate e il transito, avanti e indietro, degli autocarri che trasportano prima i fresati in un senso poi i conglomerati nell'altro.*

### **METODO 2)**

#### Fresatura del conglomerato bituminoso e relativa asportazione con stabilizzazione in sito del misto granulare di fondazione.

A differenza del metodo precedente, una volta asportato il fresato bituminoso, si interviene in sito con la riciclatrice direttamente sul misto granulare senza asportarlo, rafforzandolo mediante emulsione o schiuma di bitume e cemento, in dosaggi prestabiliti. Il progettista sceglierà la profondità dell'intervento e i dosaggi ottimali dei leganti. Dopo la compattazione eseguita con rulli pesanti, si ridistende il conglomerato bituminoso a caldo, riutilizzando, per quanto possibile, il fresato precedentemente accantonato.

### **Avvertenze**

*Ovviamente, in questo caso le lavorazioni sono nettamente più veloci e più economiche in quanto si riduce di parecchio il costo del trasporto. Di contro, il modulo di deformazione dello strato "stabilizzato" in sito è probabilmente inferiore rispetto al metodo precedente e il fresato bituminoso viene riutilizzato solo in parte ed*

esclusivamente nel conglomerato a caldo (30+35% del totale fresato).

Si noti l'uso del termine "stabilizzato" al posto di "riciclato". Non si tratta infatti di riciclaggio in quanto il materiale fresato era materiale sciolto non legato; il trattamento con emulsione o anche con schiuma di bitume e cemento, apporta un contributo di legante che prima non c'era e questo stabilizza il materiale che acquista così una maggior capacità portante. La tecnica si svolge con la stessa macchina riciclatrice (nata come macchina stabilizzatrice) che opera con l'emulsione o con il bitume schiumato ma sarebbe improprio definire questo intervento una operazione di riciclaggio.

Questi primi due interventi generalmente non comportano variazioni della quota iniziale con relativi vantaggi in presenza di opere d'arte, di sistemi di drenaggio, barriere ecc.

### METODO 3)

Riciclaggio in sito del pacchetto "nero" e successiva applicazione di un conglomerato d'usura.

Con questo metodo la fondazione non viene interessata e il riciclaggio riguarda i soli conglomerati bituminosi che vengono trasformati in uno strato unico, spesso e omogeneo senza differenziazione tra gli strati, realizzando una diversa integrità strutturale. E' un sistema che si applica quando l'ammaloramento è leggero e non interessa gli strati profondi. Al termine delle operazioni, la superficie, viene coperta con uno o due strati di conglomerato a caldo.

#### **Avvertenza**

*Ovviamente in questo caso si innalza la quota di partenza, anche perché il conglomerato fresato, una volta rimosso, aumenta di volume (almeno il 15%) e non è possibile ricompattarlo esattamente come prima. L'aggiunta di uno strato di collegamento in conglomerato a caldo e di un tappeto, aumentano la portanza complessiva della pavimentazione.*

Come si può notare, il riciclaggio a freddo delle pavimentazioni, contiene infinite combinazioni possibili ed è assolutamente importante scegliere la soluzione ottimale più adatta allo scopo. Il riciclaggio delle pavimentazioni comporta una vera opera progettuale.

**Capitolo 8.**

# ***Trattamento dei rappezzi e delle buche***





## 8.1 Generalità e definizioni

Per intervenire prontamente, in mancanza di tecnologie più avanzate, su disgregazioni dei piani stradali, in qualsiasi stagione e in condizioni atmosferiche difficili, si utilizza il "pietrischetto bitumato a freddo" che assolve molto bene a questa specifica esigenza, legata alla sicurezza per gli utenti della strada.

Il tipico impiego del pietrischetto bitumato a freddo è riconducibile anzitutto alle cosiddette "buche" che si formano sulle pavimentazioni in asfalto dopo un inverno rigido o più spesso dopo un periodo di piogge intense.

Essendo un prodotto a consistenza plastica e autolivellante, impiega alcuni giorni per indurire. Il traffico ne favorisce il costipamento. La scelta ottimale della granulometria, consente di realizzare spessori contenuti entro 2÷5 cm.

Al fine di contenere il fenomeno di disgregazione dilagante, è consigliato realizzare una buona mano di attacco all'interno della buca e a margine della stessa, su tutta la zona dove si manifesta l'ammaloramento.

Una emulsione bituminosa acida e modificata al 65% di bitume residuo, assolve bene allo scopo.

Per semplicità e velocità operativa l'applicazione della mano di attacco può essere praticata da un operaio che utilizza contenitori specifici di peso complessivo inferiore a 30 kg, contenenti tale emulsione e posti sotto pressione. La spruzzatura avviene con apposita lancia con innesto a baionetta.

Il pietrischetto bitumato a freddo (a volte un vero conglomerato bituminoso) dovrà essere costituito da una miscela di inerti (graniglia e sabbia) e bitume "flussato", tali da consentire l'impiego differenziato a temperatura ambiente anche dopo un lungo periodo di stoccaggio.

## 8.2 Materiale confezionato in sacchi

Il conglomerato bituminoso a freddo viene fornito in sacchi di polietilene ermeticamente chiusi, etichettati ai sensi di Legge, in due misure: kg 30 oppure kg 50 di prodotto.

I sacchi sono generalmente di materiale plastico di spessore minimo di mm 0,2 e vengono collocati su pallets per un peso complessivo non superiore a 1,5 tonnellate. I pallets sono avvolti da apposita pellicola di polietilene termoretraibile per garantire l'integrità della confezione nelle operazioni di movimentazione.

Il materiale deve essere messo in opera nello spessore minimo di 2,5 cm, con una certa compattezza; diversamente tenderà rapidamente a staccarsi. Se il prodotto è di buona qualità, si integra perfettamente nella pavimentazione senza accorgimenti particolari e non subisce deformazioni o distacchi sotto l'effetto del traffico, nemmeno nei periodi estivi.

### Modalità esecutive

- accurata pulizia della zona da saturare e della zona perimetrale esterna soggetta a disgregazione;
- asportazione di detriti, acqua, materiali limosi;
- spruzzatura uniforme di emulsione bituminosa acida modificata al 55% di bitume con appositi contenitori sotto pressione e lancia manuale;

- posa in opera su tutta la superficie trattata di conglomerato bituminoso a freddo, avendo cura di effettuare una congrua colmatura in grado di compensare il calo sotto compattazione;
- leggera compattazione con attrezzature disponibili tipo badili, ecc;
- apertura immediata al traffico.

### **Avvertenze**

*Evitare interventi sotto acqua battente ed in condizioni meteorologiche proibitive.*

*Nelle stagioni calde saturare il rappezzo con un leggero strato di sabbia lavata per ridurre "l'appiccicosità" nelle prime ore di esercizio.*

### **8.3 Materiale steso con macchina "tappabuche"**

Il problema della riparazione delle buche e dell'esecuzione di interventi urgenti di manutenzione preventiva può essere oggi affrontato con l'ausilio di macchine semi automatiche, con impiego di emulsioni bituminose, preferibilmente modificate.

Tali macchine sono dotate di una tramoggia per il carico dell'inerte, di un serbatoio riscaldato per l'emulsione bituminosa, di un generatore d'aria per la pulizia della zona da risanare e per l'applicazione dell'emulsione e/o inerte.

La stesa del materiale avviene attraverso un braccio che viene animato da un operatore in grado di regolare il flusso di aria, emulsione e/o inerte.

Esistono due tipi di macchina: la prima di tipo semiautomatico in cui la lancia è regolata da un operatore sulla strada; la seconda, più automatica, in cui l'operatore aziona la lancia e comanda tutte le operazioni all'interno dell'automezzo in condizioni di maggior sicurezza.

Tale macchina, di maggior ingombro, viene utilizzata soprattutto su strade a scorrimento veloce.

#### Modalità esecutive

L'impiego della macchina tappabuche consente, con interventi rapidi, di provvedere alle riparazioni per tutti quegli ammaloramenti della pavimentazione non facilmente gestibili attraverso la normale manutenzione.

La macchina operatrice automatica detta "tappabuchi" è dotata di:

- una o più tramogge per la diversificazione degli inerti;
- un serbatoio riscaldato per l'emulsione;
- un generatore di aria ad alto volume e pressione necessari per la pulizia preventiva dei tratti da risanare e per la spruzzatura sia dell'emulsione occorrente come mano d'attacco che per il materiale lapideo da riempimento;
- di un sistema elettronico di controllo del dosaggio degli inerti e dell'emulsione in fase di lavoro.

La macchina è normalmente attrezzata con lancia azionata da operatore e dotata di una serie di comandi per mezzo dei quali eseguire, senza soluzione di continuità, le seguenti operazioni:

- pulizia della zona interessata mediante getto d'aria compressa;
- preventivo getto di emulsione realizzata con bitumi modificati con funzione di aggrappante (in ragione di almeno 1,5 kg/m<sup>2</sup>);
- getto di graniglia anche prebitumata mediante l'utilizzazione dell'emulsione speciale modificata idonea per le diverse condizioni climatiche;
- copertura dell'intervento con uno strato sottile di graniglia silicea.



# ***GLOSSARIO***



## GLOSSARIO ESSENZIALE DEI TERMINI TECNICI

**Additivo:** Sostanza che viene aggiunta in quantità minime ad un prodotto per migliorarne alcune caratteristiche oppure per conferirgli particolari proprietà.

**Aggregato:** Inerte lapideo di varie pezzature proveniente dalla frantumazione di rocce, idonee ad essere usate nelle costruzioni stradali.

**Ammorsamento:** Fenomeno che completa la fase di presa di un coagulo di bitume intorno all'inerte.

**Aromatici:** Idrocarburi caratterizzati dalla presenza nelle loro molecole di almeno un anello benzenico. Sono presenti in alcune delle frazioni ottenute con la distillazione primaria del greggio.

**Asfalti:** Composti poliaromatici, a molecole complesse con alto rapporto C/H, solubili in benzene e solfuro di carbonio. Costituiscono la frazione più pesante del petrolio ma si trovano anche nei bitumi naturali.

**Attivanti:** Prodotti che migliorano l'adesione del bitume alle pietre, in presenza di acqua.

**Base (strato di):** E' la sezione del pacchetto costituente la pavimentazione bituminosa, che si trova sotto gli strati di collegamento e di usura.

**Binder:** Termine inglese per indicare sia il legante (bitume), sia lo strato (in conglomerato bituminoso) che collega gli strati di base e di usura del pacchetto di una sovrastruttura stradale.

**Bitume:** Miscela di idrocarburi e di loro derivati non metallici completamente solubile in solfuro di carbonio, dotata di capacità legante.

**Bitume modificato:** Prodotto ottenuto miscelando, in appositi impianti, il bitume con idonei polimeri, con l'obiettivo di migliorare le prestazioni del legante.

**Bitume liquido (o flussato, o "cut-back"):** Miscela di bitume (70÷85%) e flussanti (15÷30%) quali virgin naphta, kerosene o gasolio.

**Bitume ossidato:** Prodotto bituminoso, ottenuto soffiando aria nel bitume in condizioni controllate. L'effetto che si ottiene è un indurimento del prodotto.

**Catrame:** Prodotto ottenuto dalla distillazione del carbon fossile, classificato cancerogeno. Da non confondere con il bitume, distillato del petrolio.

**CEN:** Comitato Europeo di Normalizzazione, preposto alla redazione delle norme europee nei vari settori. Al CEN partecipano gli Enti di Normazione dei singoli Stati ed è basato su una partecipazione volontaria.

**Coessione:** Proprietà caratteristica che esprime la resistenza di un materiale (per es. il bitume) alle sollecitazioni imposte.

**Collegamento (strato di):** E' la parte di pavimentazione bituminosa intermedia fra il manto di usura e lo strato di base. Frequentemente indicato con il termine inglese di binder.

**Comportamento elasto-plastico:** Un corpo ha un comportamento elasto-plastico se manifesta elasticità fino al valore di soglia plastica dello sforzo, al di là del quale subisce deformazioni permanenti.

**Comportamento plastico:** Si definisce plastico un materiale che subisce sempre deformazioni permanenti sotto uno sforzo applicato.

**Comportamento viscoelastico:** È il comportamento di un materiale caratterizzato da proprietà sia elastiche sia viscose, che quindi recupera parte della deformazione subita.

**Compressione:** Sforzo normale diretto verso "l'interno" di un corpo.

**Conglomerato bituminoso:** Miscela costituita da legante bituminoso, da aggregati lapidei di diverse pezzature e da filler, generalmente utilizzata nelle costruzioni stradali.

**Cracking:** Processo di raffinazione che ha lo scopo di spezzare le grosse molecole degli idrocarburi costituenti la frazioni più pesanti della distillazione primaria del greggio, per realizzare la conversione in frazioni più leggere (prevalentemente benzine).

**Deformazione:** Cambiamento nella forma di un corpo soggetto ad una tensione, rispetto ad una configurazione iniziale di lunghezza, area o volume.

**Deformazione permanente:** Deformazione che non viene recuperata al cessare del carico applicato.

**Emulsionante (o emulsivo):** Detto anche "tensioattivo" è una sostanza chimica capace di favorire la formazione di emulsioni diminuendo la tensione superficiale tra due liquidi immiscibili (tipo acqua e bitume). Sono costituiti da molecole caratterizzate dalla presenza di due sezioni: una polare (idrofila) ed una apolare (lipofila).

**Emulsioni bituminose:** Sospensioni di particelle di bitume in acqua mantenute stabili, in relazione alle necessità di impiego, mediante emulsivi.

**Elasticità:** È la capacità che un corpo ha di recuperare forma e dimensioni originali al termine dell'applicazione del carico imposto.

**Filmazione:** Processo di formazione di una pellicola di bitume uniforme che avviene in seguito alla evaporazione dell'acqua dopo la rottura dell'emulsione, e a reazioni chimiche con il materiale sottostante.

**Fluidificanti (o flussanti):** Prodotti oleosi aggiunti al bitume per abbassarne la viscosità.

**Fresato:** Conglomerato bituminoso proveniente dalla demolizione (scarifica) delle pavimentazioni stradali.

**Granulometria:** Distribuzione della dimensione dei vari granuli che costituiscono una terra o una miscela di inerti.

**Idrofilia (affinità con l'acqua):** In chimica, proprietà di determinate sostanze di assorbire o trattene acqua.

**Idrocarburi:** Composti le cui molecole sono formate da carbonio ed idrogeno.

**Mastice d'asfalto:** Miscela di bitume, aggregato fine e finissimo, con percentuale di bitume non inferiore al 14%.

**Misto bitumato:** Insieme di aggregati selezionati con una specifica granulometria e stabilizzati con bitume.

**Misto cementato:** Insieme di aggregati selezionati con una specifica granulometria e stabilizzati con cemento.

**Modulo resiliente:** Parametro dinamico della portanza dei sottofondi. Esprime il comportamento elastico del terreno sottoposto a cicli di carico dinamico.

**Paraffine:** Idrocarburi saturi contenenti molti atomi di carbonio disposti in catena lineare. Di colore bianco e consistenza cerosa, le paraffine si ottengono, con diversi gradi di purezza, da alcuni tagli petroliferi mediante specifici processi.

**Polimeri:** Materiali plastici od elastici (insieme di singole unità molecolari dette monomeri) impiegati per la modifica dei bitumi.

**Portanza:** E' il carico limite che il terreno può sopportare senza che si verifichi una deformazione che ne comprometta la funzionalità.

**Resine:** Componenti del bitume con potere disperdente nei confronti degli asfalteni. Conferiscono al bitume elasticità e duttilità.

**Riciclaggio:** Procedimento che consente il riutilizzo di un materiale nello stesso settore di provenienza o in un altro compatibile. Nel caso delle costruzioni stradali il riciclaggio del conglomerato bituminoso si inserisce nelle tecniche di manutenzione delle pavimentazioni, e può essere eseguito con tecniche a freddo o a caldo, in sito o in appositi impianti fissi.

**Saturi:** Idrocarburi alifatici a catena aperta caratterizzati dall'assenza di "doppi legami" carbonio-carbonio.

**Sottofondo:** Terreno su cui poggia la sovrastruttura stradale, costituito da terreno di scavo o di riporto.

**Slurry Seal:** Malta bituminosa per trattamenti di irruvidimento superficiale, stesa a freddo mediante appositi macchinari e confezionata con emulsione di bitume (modificato o non) e aggregati di piccole dimensioni.

**Tappeti sottili:** Strati di conglomerato o malta bituminosa messi in opera in spessori ridotti, che migliorano le caratteristiche di aderenza e regolarità della pavimentazione.

**Tensioattivo:** Vedi emulsionante.

**Trattamento superficiale:** Trattamenti di irruvidimento a freddo realizzati mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa seguita dalla stesa di uno o più strati di aggregati lapidei.

**Usura (strato di):** Strato superficiale delle pavimentazioni bituminose, a contatto con i pneumatici.

**Viscosità:** Proprietà dei materiali che esprime la relazione tra lo sforzo e la velocità di deformazione.

## TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE EMULSIONI SUGGERITE NEL TESTO

	Norma di riferimento	Unità di misura	Mano d'attacco	Trattamento impregnazione	Trattamento superficiale	Slurry seal	Riciclaggio	Rappezzi Buche
DENOMINAZIONE (denominazione CEN)			<b>EC M 55</b> (C 55 B 4)	<b>EC L 55</b> (C 55 B 5)	<b>EC R 65 M</b> (C 65 BP 3)	<b>EC L 60 M</b> (C 60 BP 6)	<b>EC L 60 M</b> (C 60 BP 6)	<b>EC R 65 M</b> (C 65 BP 3)
Polarità	EN 1430	A/C	C	C	C	C	C	C
Contenuto di bitume+flussante da distillazione	UNI EN 1431	%	>53	>53	>65	>58	>58	>63
Contenuto di bitume da contenuto d'acqua	EN 1428	%	53 - 57	53 - 57	65 - 69	58 - 62	58 - 62	63 -67
Indice di rottura Valore di rottura	EN 13075-1	classe n° puro	4 70 - 130	5 120 - 180	3 50 - 100	6 170 -230	6 170 - 230	3 50 - 100
Tendenza alla sedimentazione 7gg	EN 12847	%	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Trattenuto al setaccio 0,5 mm	EN 1429	%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>CARATTERISTICHE DEL BITUME RESIDUO</b>								
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1429 CNR 24/71	dmm	70 - 220	70 - 220	50 - 70	50 - 70	50 - 70	70 - 220
Rammollimento	UNI EN 1427 CNR 35/73	°C	35 - 45	35 - 45	>65	>60	>60	>60
Ritorno elastico	EN 13398	%	nc	nc	>75	>50	>50	>50

Edito da SITEBSI Srl

Finito di stampare nel mese di settembre 2004  
presso Mediapress 2000 - Roma

# EMULSIONI BITUMINOSE

applicazioni, suggerimenti e note tecniche



**SITEB è una Associazione senza scopo di lucro che si propone di sviluppare e divulgare le tecniche di produzione e impiego dei leganti bituminosi e dei prodotti ad essi collegati.**

**GPE, Gruppo per la Promozione delle Emulsioni Bituminose, è una iniziativa di alcuni soci SITEB approvata da SITEB.**

**Al GPE aderiscono alcune delle aziende italiane maggiormente impegnate nella ricerca, produzione e applicazione delle emulsioni di bitume, nonché di apposite macchine ed impianti.**

**Il GPE si propone di sensibilizzare gli Enti pubblici e privati, i tecnici progettisti, le imprese di costruzioni stradali e gli utenti della strada, sulle grandi potenzialità offerte dalle emulsioni di bitume, ancora poco note e non sfruttate in un paese, come il nostro, in cui il clima favorevole gioca un ruolo fondamentale.**

**Il programma GPE verte essenzialmente sulla promozione degli interventi di manutenzione delle pavimentazioni bituminose che prevedono l'impiego di tecniche a freddo a base di emulsioni. L'obiettivo è quello di diffondere e favorire, la cultura della manutenzione preventiva e curativa con tecnologie a basso costo e a ridotto impatto ambientale.**



SITEB - Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade  
Via G. A. Guattani, 24 • 00161 – tel. fax 06.44233257  
[www.siteb.it](http://www.siteb.it) - [www.gpe.it](http://www.gpe.it)

