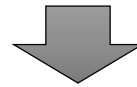


Smaltimento o Riciclaggio?

Il **FRESATO** è il frutto della demolizione di pavimentazioni flessibili esistenti



Quadro Normativo di riferimento:

- D.L. 3 Aprile 2006, n. 152: **Testo Unico Ambiente**
 - D.M. 5 Febbraio 1998
 - UNI EN 13108-1
 - UNI EN 13108-8
 - UNI/TS 11688



UNI/TS 11688

Impieghi del conglomerato bituminoso di recupero e requisiti dei prodotti

Conglomerato bituminoso riciclato a caldo

prospetto A.1 Caratteristiche prestazionali del conglomerato bituminoso a caldo

CARATTERISTICHE	Metodo di prova	Simbolo	TIPOLOGIE DI MISCELE		
			RA<10% (usura) RA<20% (base binder)	RAda10% a 50% (usura) RAda20% a 50% (base binder)	RA≥50% (tutti gli strati)
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	SI	SI	SI
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26	S	nr	SI	SI
Resistenza all'ormaiamento	UNI EN 12697-22	RD/WTS	nr	nr	SI
Resistenza a fatica	UNI EN 12697-24	ϵ_s	nr	nr	SI

NOTE:
SI = Requisito richiesto
nr = Requisito non richiesto



Conglomerato bituminoso riciclato a freddo

prospetto A.3 Caratteristiche meccaniche del conglomerato bituminoso a freddo

CARATTERISTICHE	Metodo di prova	Simbolo	TIPOLOGIE DI MISCELE	
			Fondazione	Base-binder
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	RTI	SI	SI
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	FC	SI	SI
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 o UNI EN 13286-43	S	nr	SI

NOTE:
SI = Requisito richiesto
nr = Requisito non richiesto

Conglomerato bituminoso riciclato a caldo

Con il termine “**a caldo**” si intendono tutte quelle tecniche in cui il fresato viene impiegato nella confezione di conglomerato bituminoso a caldo. Può essere effettuato direttamente **in sito** o **negli impianti** di produzione dei conglomerati bituminosi.

IN SITO

Tutte le fasi operative che riguardano il riciclaggio a caldo in sito si sviluppano in cantiere a piè d’opera.

Il riciclaggio a caldo in sito presenta, il notevole vantaggio di evitare la movimentazione e lo stoccaggio del materiale recuperato dalla pavimentazione da riqualificare; però richiede macchine di cantiere decisamente più complesse e costose.



IN IMPIANTO

Negli impianti di produzione del conglomerato bituminoso il fresato viene aggiunto alla miscela di aggregati vergini, bitume ed eventuali additivi, in quantità variabili in relazione alle diverse modalità di riscaldamento: nel tamburo essiccatore o per contatto con gli aggregati vergini.



Conglomerato bituminoso riciclato a CALDO

Lo studio della miscela

La fase di mix design delle miscele riciclate si basa sulla valutazione di due aspetti fondamentali che riguardano lo studio granulometrico e la determinazione del dosaggio del bitume vergine di aggiunta.

In particolare la **composizione granulometrica** della miscela di aggregati deve tenere in considerazione le caratteristiche granulometriche del fresato (studiate previa estrazione del bitume) e risultare conforme alle stesse prescrizioni dettate per le miscele tradizionali.

La **fase legante** richiede particolare attenzione sulla scelta del tipo e del contenuto del bitume vergine di aggiunta, prendendo in debito conto gli inevitabili effetti della miscelazione che avviene con il bitume presente nel fresato.

Il **grado di miscelazione** tra i due leganti influenza infatti sia le prestazioni del conglomerato prodotto sia la competitività economica del processo di riciclaggio. Se il progettista ipotizzasse una completa miscelazione tra le componenti laddove il riciclato si comportasse, invece, come “black rock” e cioè in modo analogo alla fase lapidea inerte, il bitume vergine aggiunto al conglomerato risulterebbe sottostimato e quindi insufficiente. Al contrario, se il progettista partisse dall’assunzione opposta, il conglomerato risulterebbe troppo ricco di legante e il bitume troppo rigido rispetto a quanto ipotizzato.



Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

La tecnica del riciclaggio a freddo è diventata un'alternativa sempre più utilizzata nella riqualificazione delle pavimentazioni stradali poiché minimizza gli oneri economici e ambientali producendo materiali di elevate caratteristiche prestazionali.

Il riciclaggio effettuato con tecniche a freddo consente infatti di ottenere una notevole serie di vantaggi:

- limitato sfruttamento delle risorse ambientali dovuto alla riduzione dell'attività estrattiva di aggregati;
- maggiore redditività, essendo garantita la medesima durata delle pavimentazioni con materiali vergini;
- risparmio energetico in quanto non è necessario il riscaldamento degli aggregati e, nel caso di riciclaggio in sito, del trasporto del materiale da e per il cantiere;
- riduzione delle emissioni in atmosfera di fumi, polveri e gas prodotti dal combustibile bruciato nel riscaldamento e nel trasporto.

Nel riciclaggio a freddo può essere utilizzata un'ampia gamma di aggregati lapidei (naturali o di riciclo), non solo notevoli quantità di fresato di conglomerato bituminoso (sino al 100% della massa degli aggregati lapidei), ma anche l'eventuale materiale granulare delle vecchie fondazioni stradali oltre che materiali di riciclo del settore edile.

Il riciclaggio a freddo può essere realizzato in sito impiegando macchine stabilizzatrici, oppure in impianto, fisso o mobile da posizionare in prossimità del cantiere.



Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

Il riciclaggio a freddo in sito

Permette di evitare la movimentazione e lo stoccaggio del materiale recuperato dalla pavimentazione da riqualificare. Questo determina importanti vantaggi di differente natura:

- una durata ridotta dell'intervento grazie all'eliminazione di alcune fasi intermedie di lavorazione e all'elevata produttività delle moderne riciclatrici;
- un minore rischio di incidenti in ragione del minor tempo di esposizione, del minor numero di mezzi coinvolti e grazie all'eliminazione di molte movimentazioni all'interno del cantiere e della rete stradale interessata;
- un minor costo di costruzione;
- un minore disagio per gli utenti.



Il riciclaggio a freddo in impianto

Nell'impianto si realizza un più efficace controllo della produzione e una maggiore omogeneità della miscela in quanto è possibile vagliare e suddividere in classi granulometriche il conglomerato da riciclare, eventualmente frantumare i grumi e le placche più grandi, integrare, con più elevata precisione, frazioni o componenti carenti.



Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

Lo studio della miscela

La composizione granulometrica della miscela di aggregati

Nello studio della miscela la curva granulometrica del materiale da riciclare viene individuata in modo diverso a seconda che si operi in sito oppure con impianto fisso o mobile. Nel primo caso i campioni degli aggregati (conglomerato bituminoso fresato ed eventuale parte della sottostante fondazione) per lo studio della miscela devono essere prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio della macchina stabilizzatrice (pulvimixer) senza la stesa dei leganti. Si opera in tale modo per tenere in giusto conto l'azione del rotore di miscelazione che tende a sgranare i grumi del fresato, soprattutto quelli di dimensione maggiore. All'impianto si prelevano campioni delle varie frazioni granulometriche ottenute dalla vagliatura del RAP e si procede all'individuazione delle percentuali di impiego (come per i conglomerati bituminosi a caldo).

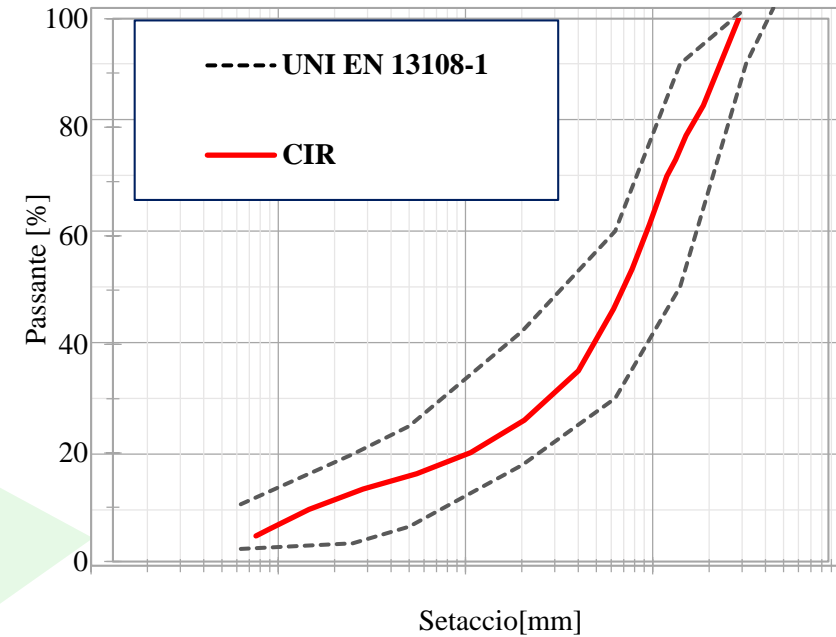
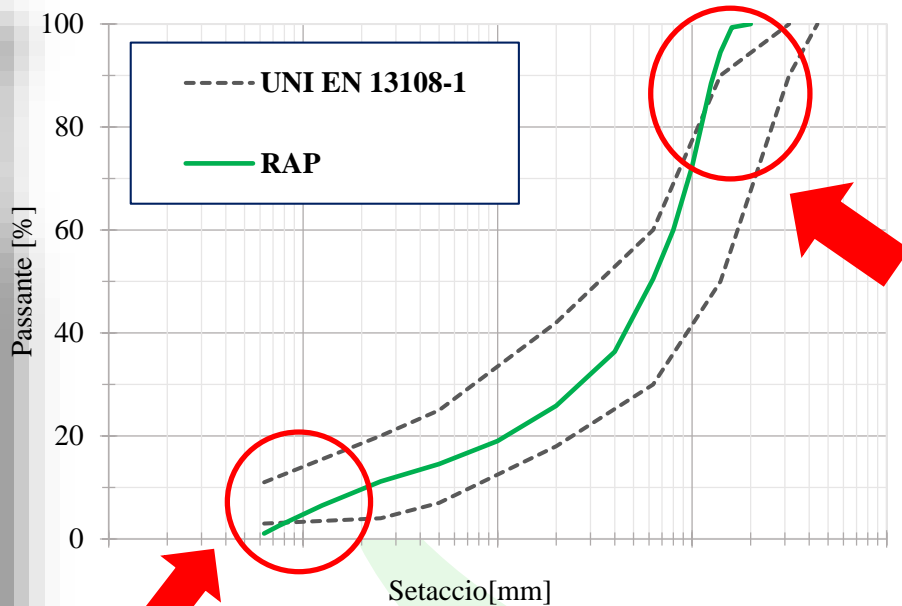
Molto spesso, in particolare nella miscelazione in sito, si rende necessaria l'integrazione degli aggregati di riciclo con materiale vergine. La correzione della curva granulometrica riguarda talvolta la frazione grossa, quando il fresato proviene dalla demolizione di strati superficiali (binder e usura), quasi sempre la frazione fine e il filler che, anche se presenti in abbondanza nel conglomerato bituminoso originario, nel fresato scarseggiano poiché restano inglobati nel bitume.



Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

Lo studio della miscela

La composizione granulometrica della miscela di aggregati



Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

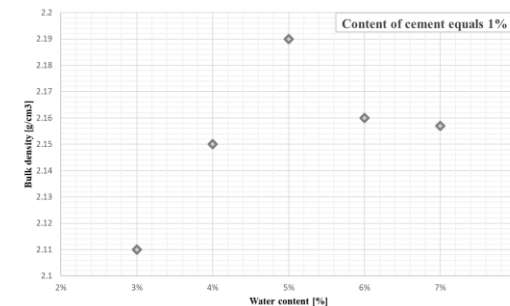
Lo studio della miscela

Il contenuto di acqua

L'acqua è una componente fondamentale della miscela e deve essere opportunamente dosata per facilitare il costipamento. Normalmente è già presente nel fresato umido e può esservi aggiunta prima della miscelazione. Il computo totale deve tener conto di quella contenuta nell'emulsione bituminosa.

Per la determinazione del contenuto ottimale di acqua vengono inizialmente preparati dei campioni rimuovendo dagli aggregati gli elementi più grossolani (trattenuto al setaccio da 20 mm) aggiungendo un dosaggio fisso di cemento e diversi contenuti d'acqua.

Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela secca .



Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

Lo studio della miscela

Il tipo di legante

I leganti utilizzabili sono:

✓ **emulsione bituminosa**



Un'emulsione bituminosa è costituita dalla dispersione di un legante bituminoso in acqua. Essendo originate dall'unione di due liquidi immiscibili, le emulsioni si presentano come sistemi intrinsecamente instabili che includono una fase acquosa disperdente e una fase oleosa dispersa sottoforma di goccioline.

Le emulsioni comunemente utilizzate in campo stradale contengono una percentuale di bitume che può variare tra il 40% e il 70%, con una quantità di acqua corrispondente compresa tra il 30% e il 60%.

Una caratteristica fondamentale che contraddistingue le emulsioni riguarda la loro viscosità, che risulta molto molto inferiore rispetto a quella del legante di origine e ciò le rende ad essere impiegate a temperature relativamente basse, nell'ambito delle tecnologie a freddo.

Oltre all'acqua e al legante, il terzo componente fondamentale di un'emulsione è rappresentato dall'agente emulsionante a cui si possono aggiungere eventuali altri elementi secondari. Gli emulsionanti sono composti chimici che favoriscono la dispersione del legante bituminoso in acqua e, dopo la rottura, l'adesione dello stesso agli aggregati lapidei.

In alcuni casi la semplice evaporazione dell'acqua o il suo assorbimento da parte dell'aggregato costituisce il principale meccanismo di rottura, ma in linea generale intervengono delle reazioni chimiche tra emulsione e aggregato per cui non è necessario che tutta l'acqua sia evaporata perché avvenga la presa.

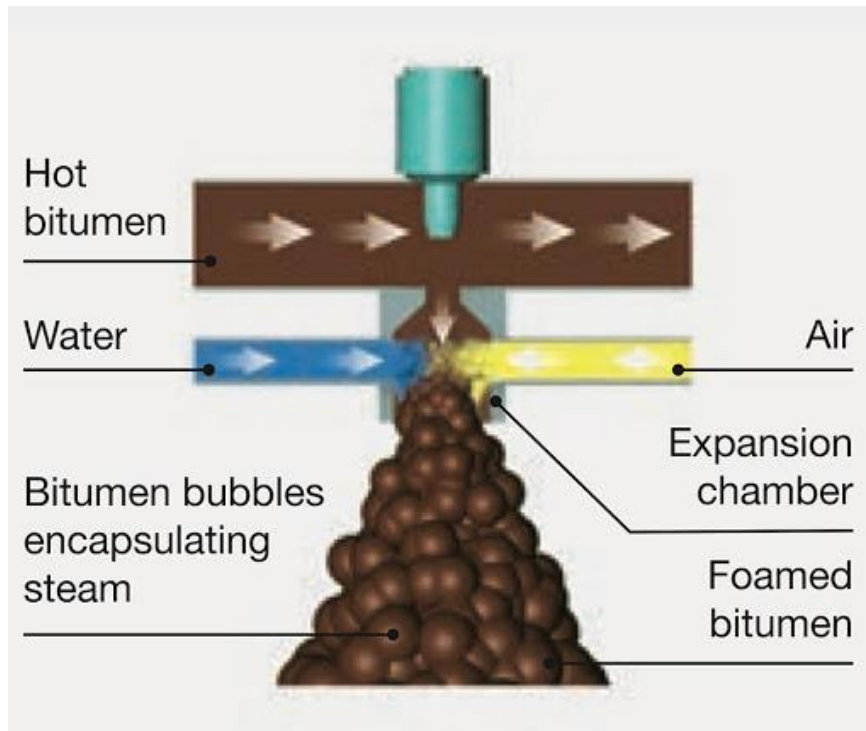
Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

Lo studio della miscela

Il tipo di legante

I leganti utilizzabili sono:

✓ **bitume schiumato**



Con il termine bitume schiumato, o bitume espanso, si fa riferimento a un particolare stato fisico del bitume caratterizzato da un'elevata superficie specifica e da una ridotta viscosità.

La schiuma di bitume si ottiene spruzzando acqua a temperatura ambiente su un bitume molto caldo, all'interno si crea una camera di espansione.

La produzione del bitume schiumato si basa su processi fisico-chimici legati alla natura e allo stato fisico sia del bitume sia dell'acqua. Quando quest'ultima, a temperatura ambiente, entra in contatto con il bitume caldo ($T=160-180^{\circ}\text{C}$), si riscalda per conduzione e passa dallo stato liquido allo stato gassoso (vapore acqueo). In tale processo si formano bolle di vapore coperte da una sottile pellicola di bitume (schiuma di bitume) il cui volume può essere di oltre 20 volte maggiore rispetto a quello iniziale del bitume stesso.

Per migliorare le proprietà schiumogene del bitume sono talvolta impiegati degli additivi che tendono ad abbassare la viscosità del bitume alle alte temperature.

Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

Lo studio della miscela

Il tipo di legante

I leganti utilizzabili sono:

- ✓ emulsione bituminosa
- ✓ bitume schiumato
- ✓ cemento

Il bitume schiumato tende a inglobare la frazione fine formando una malta bituminosa che dà luogo a legami di natura puntuale con la frazione grossa

L'emulsione bituminosa è in grado di garantire una dispersione maggiore e un ricoprimento più diffuso sia sulla frazione fine, sia su quella grossa.

È stato osservato che con l'emulsione bituminosa sono necessari tempi di maturazione superiori e quindi caratteristiche inferiori nel breve periodo

In confronto alla schiuma di bitume, l'impiego di emulsione offre alcuni vantaggi sia dal punto di vista tecnico sia della sicurezza di cantiere. Non richiede, infatti, il riscaldamento del legante, evitando rischi per gli addetti e una maggiore flessibilità nella gestione dei tempi di attesa prima della miscelazione; inoltre, con il bitume schiumato l'eventuale temperatura notevolmente bassa del bitume (sotto i 160 °C), qualunque sia la causa, in qualsiasi momento, comporta il rifiuto del legante e quindi il ritorno dell'autobotte (anche parzialmente utilizzata) al luogo di carico.



Conglomerato bituminoso riciclato a FREDDO

Lo studio della miscela

Il dosaggio del legante

Nel riciclaggio a freddo, il bitume presente nell'aggregato recuperato sembra non influenzare particolarmente le proprietà del legante finale. In tal senso il conglomerato di recupero viene considerato solo come un aggregato lapideo.

Per definire il dosaggio dei leganti vengono poi preparati, con la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, campioni con differenti dosaggi di cemento e di bitume schiumato, oppure di emulsione bituminosa (sovrastabilizzata normale o di bitume modificato).

Dopo un periodo di maturazione di 72 ore a 40 °C si determinano la resistenza a trazione indiretta e la perdita di resistenza dopo imbibizione per 1 ora (sia le prove meccaniche sia l'immersione in acqua sono effettuate a 25°C).



FREDDO



VS.

TRADIZIONALE CALDO

