



LA RIGENERAZIONE A FREDDO DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI CON EMULSIONE SPECIALE

L'UTILIZZO DI BITEMULSION 60 RL, L'EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA PER LA RIGENERAZIONE A FREDDO DEL RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) NELLA FORMAZIONE DI STRATI DI BASE, BASE-BINDER E BINDER

La tecnologia della rigenerazione a freddo delle pavimentazioni stradali consente di realizzare, a partire dal materiale bituminoso fresato e bitume, quest'ultimo sotto forma di emulsione, un conglomerato bituminoso dalle caratteristiche fisico-meccaniche assimilabili a quelle proprie di un conglomerato ottenuto con i metodi tradizionali, vale a dire a caldo.

La peculiarità del processo, che ne costituisce l'indiscusso vantaggio, consiste sia nella riduzione dell'impiego delle materie prime

che nel non dover ricorrere ad energia termica nei processi di produzione, con significativi risvolti dal punto di vista energetico, ambientale ed economico.

IL BITEMULSION 60 RL

Consapevoli che la conservazione dei materiali, la protezione dell'ambiente e l'economia dei procedimenti di costruzione o di riabilitazione hanno assunto ovunque un carattere prioritario nell'industria delle costruzioni delle pavimentazioni stradali e presso gli Enti appaltanti, nella realtà la Società Bitem produce Bitemulsion 60 RL, un'emulsione speciale appositamente formulata per il processo di rigenerazione a freddo del fresato.

Il lavoro qui presentato ha per oggetto il risanamento profondo di alcuni tratti della S.S. 1 "Aurelia" in cui è stato previsto anche uno strato di base rigenerato a freddo.

L'Impresa Subappaltatrice Di Gabbia A. & figlio Srl, nella persona di Giuseppe Di Gabbia e di suo figlio Nicola, in qualità di Direttore Tecnico, ha voluto fortemente proporre all'Ente Appaltante (ANAS SpA) un mix-design con prove fondamentali e con annesso PCQ-Piano di Controllo Qualità tale da garantire l'affidabilità e la durabilità della tecnologia a freddo.



1. Per la posa in opera è stata redatta una PTO (Procedura Tecnico Operativa)

CARATTERISTICA ESSENZIALE	UNITÀ DI MISURA	NORMA DI RIFERIMENTO	CLASSE DICHIARATA	VALORI DI RIFERIMENTO
Contenuto di legante (per differenza del contenuto d'acqua)	%	UNI EN 1428	Classe 6	58 - 62
Indice di rottura	Indice	UNI EN 13075-1	Classe 5	> 170
Stabilità alla miscelazione con cemento	g	UNI EN 12848	Classe 10	< 2
Viscosità a 40° C (foro da 2 mm)	sec	UNI EN 12846	Classe 3	15 - 70
Adesività	%	UNI EN 13614	Classe 3	> 90
Residuo al setaccio 0,5 mm	%	UNI EN 1429	Classe 2	≤ 0,1
Residuo al setaccio 0,5 mm (sette giorni di stoccaggio)	%	UNI EN 1429	Classe 4	≤ 0,5
Tendenza alla sedimentazione (sette giorni di stoccaggio)	%	UNI EN 12847	Classe 3	≤ 10
Grado di acidità (PH)	/	UNI EN 12850	/	02-apr
Legante recuperato per evaporazione (UNI EN 13074)				
Consistenza alle temperature intermedie di esercizio: penetrazione a 25 °C	0,1 mm	UNI EN 1426	Classe 3	< 100
Consistenza alle temperature elevate di esercizio: punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	Classe 2	> 60
Fragilità alle basse temperature di esercizio: punto di rottura Fraass	°C	UNI EN 12593	Classe 4	< -15
Coesione (Force Ductility test a 10 °C)	J/cm2	UNI EN 13589	Classe 6	> 2
		UNI EN 13703		
Recupero di deformazione: ritorno elastico a 25 °C	%	UNI EN 13398	Classe 4	> 75

2. La caratterizzazione fisico-meccanica dell'emulsione Bitemulsion 60 RL

I RISULTATI OTTENUTI

L'affidabilità della soluzione è stata garantita dal Laboratorio NEXT, Spin-off accademico dell'Università di Pisa che, con la sua organizzazione tecnica, ha provveduto sia allo studio di

ottimizzazione del mix-design del conglomerato che ai controlli di qualità in corso d'opera.

Le prestazioni della miscela sono state garantite anche da Bitem, che ha avuto modo di adattare la formula della Bitemulsion 60 RL alle reali condizioni operative: caratteristiche del fresato, impianto di miscelazione e mezzi per la posa in opera (stesa e compattazione).

Considerando le condizioni operative, Bitem ha saputo condizionare i tempi di rottura dell'emulsione, garantendo l'ottimizzazione dei tempi di maturazione dello strato - in termini di portanza - tali da consentire la stesa dello strato successivo (binder) senza lunghe attese e dando la possibilità all'Impresa di rispettare il cronoprogramma dei lavori.

Particolare attenzione è stata riservata alla caratterizzazione della miscela con prove di tipo fondamentale.

Oltre al modulo di rigidità è stata verificata la resistenza alla fatica.



3A e 3B. Il controllo qualità su tutto il processo di realizzazione

MISCELA (PERCENTUALI IN PESO)	BASE RIGENERATA A FREDDO
Fresato fine	65
Fresato grosso	35
Emulsione modificata bitemulsion 60 RL (rispetto al fresato)	3,5
Cemento R32.5 (rispetto al fresato)	1,5
Umidità ottimale del fresato (rispetto al fresato)	1,5

4. La composizione della miscela di progetto base rigenerata a freddo

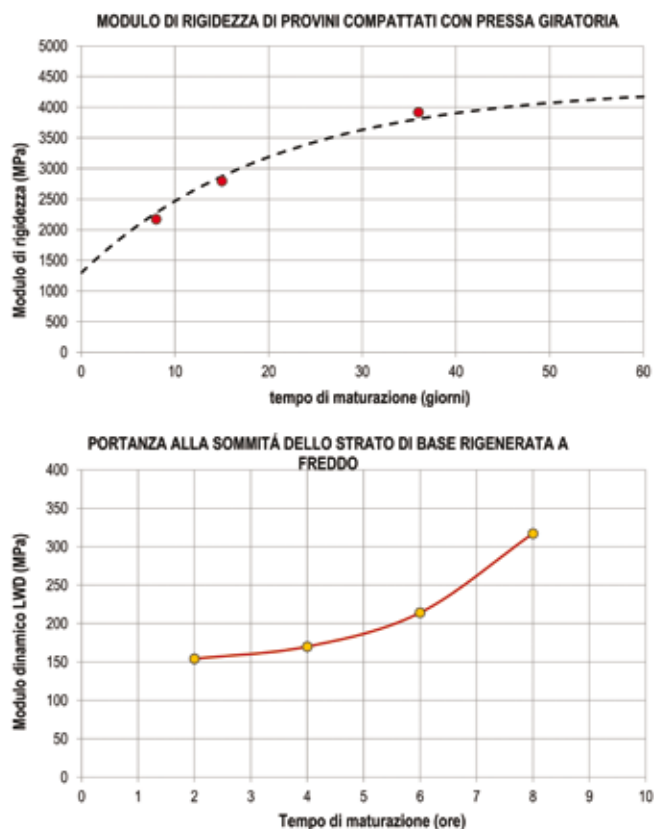
MISCELA		MISCELA OTTIMA MIX DESIGN (studio preliminare di laboratorio)	MISCELA IN OPERA (controlli con laboratorio mobile)
Caratteristiche volumetriche – Provini confezionati con pressa giratoria a Nmax = 180 rotazioni			
Massa volumica (1)	kg/m ³	2.157	2.314
Caratteristiche meccaniche a fine maturazione – Provini confezionati con pressa giratoria a Nmax = 180 rotazioni			
Resistenza a trazione indiretta ITS (1)	N/mm ²	0,3	0,5
Coefficiente di trazione indiretta CTI (1)	N/mm ²	48,6	62,9
Sensibilità all'acqua ITSR dopo imbibizione per 1h 50 mm Hg (1)	%	73	88
Modulo di rigidezza a fine maturazione (20 °C, r.t. 124 ms)	MPa	2.915 (2)	3.917 (3)

5. Le caratteristiche volumetriche e meccaniche della miscela di base rigenerata a freddo rilevate in fase di studio preliminare e in fase di controlli in corso d'opera.

Note: 1) maturazione per tre giorni alla temperatura T = 40 °C; 2) maturazione per tre giorni alla temperatura T = 40 °C + sette giorni a temperatura ambiente; 3) maturazione per 36 giorni a temperatura ambiente

PROVINI CONFEZIONATI CON PRESSA GIRATORIA A N _{MAX} = 180 ROTAZIONI		PORTANZA ALLA SOMMITÀ DELLO STRATO DI BASE RIGENERATA A FREDDO	
Tempo di maturazione a temperatura ambiente	Modulo di rigidezza (20 °C, r.t. 124 ms)	Tempo di maturazione dopo la stesa	Modulo dinamico LWD
8 giorni	2.174 MPa	2 ore	154 MPa
15 giorni	2.798 MPa	4 ore	170 MPa
36 giorni	3.917 MPa	6 ore	214 MPa
∞ (estrapolato)	4.300 MPa	8 ore	317 MPa

6. Gli effetti del tempo di maturazione sul modulo di rigidezza e sulla portanza dello strato in sito

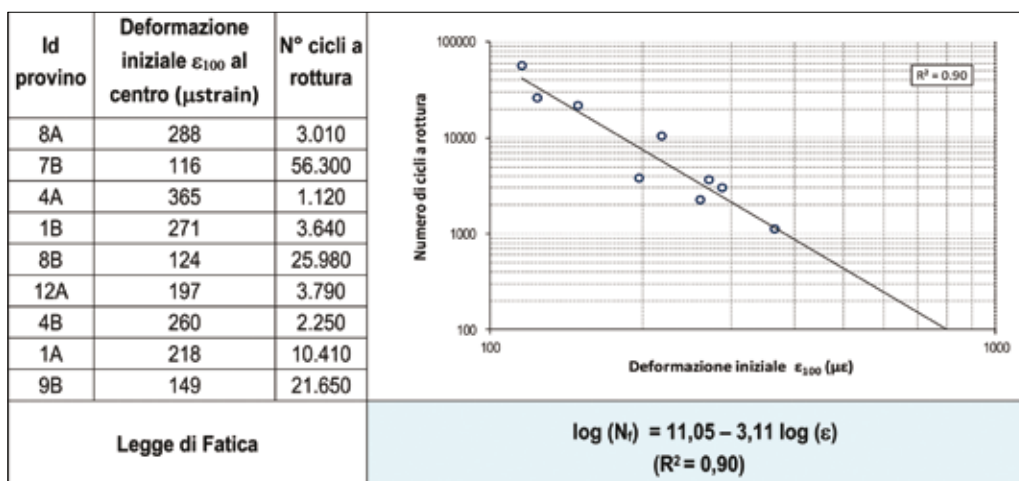


7A e 7B. Il controllo qualità su tutto il processo di realizzazione

Per quantificare il reale contributo che l'emulsione modificata Bitemulsion 60 RL conferisce alla miscela rigenerata a freddo in termini di resistenza a fatica, è stata comparata con altre soluzioni contemplate all'interno del progetto Leopoldo.



8. La posa in opera: la fase di stesa



9. La Legge di fatica della miscela in opera alla temperatura $T = 20^\circ\text{C}$ (prova di trazione indiretta - UNI EN 12697-24, annesso E - su provini cilindrici confezionati con pressa giratoria a un numero di rotazioni N_{max})

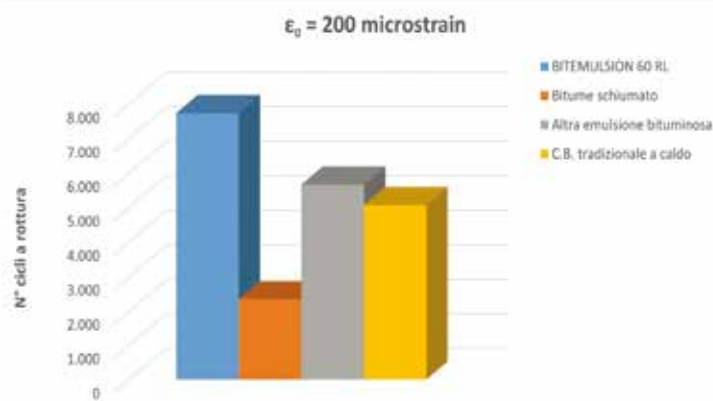
Dall'analisi comparativa risulta che l'emulsione bituminosa modificata Bitemulsion 60 RL è la soluzione ideale per incrementare le prestazioni in opera degli strati rigenerati a freddo delle sovrastrutture stradali anche se soggette a elevati livelli di traffico e condizioni climatiche severe. Dal punto di vista prestazionale la soluzione dell'emulsione bituminosa modificata Bitemulsion 60 RL offre maggiori prestazioni meccaniche e di durabilità. La principale differenza, rispetto ad altre soluzioni, sta nel

modo di dispersione del bitume e di ricoprimento degli aggregati. Un tipico esempio è il bitume schiumato a mezzo del quale il legante bituminoso si disperde in forma di piccoli frammenti, generando legami puntuali e il cemento non inglobato dal bitume (mastice) sviluppa legami idraulici indipendenti che determinano la maggior rigidità (fragilità) e la minor duttilità del prodotto finito. L'emulsione Bitem, invece, tende a bagnare uniformemente anche le pezzature più grossolane creando un film di bitume continuo e inglobando

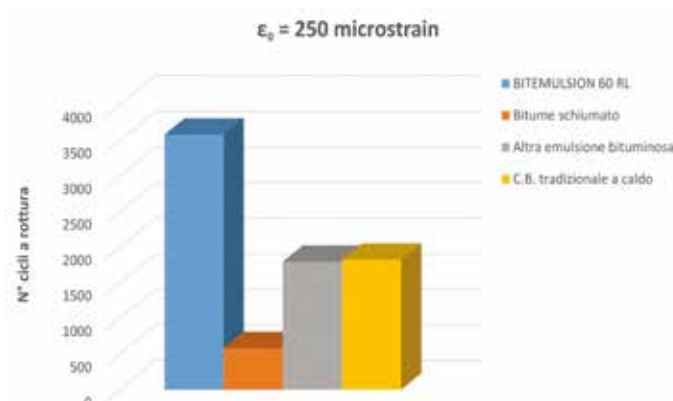
in esso il cemento che non agisce come legante idraulico ma come agente irrigidente del mastice. L'emulsione di bitume modificato Bitemulsion 60 RL, potendo garantire elevate prestazioni a fatica, è ideale per la realizzazione di strati di base soggetti a sollecitazioni di trazione. Il conglomerato rigenerato a freddo è stato posto in opera con vibrofinitrice e compattato con rullo tandem e rullo gommato.

BASE RIGENERATA A FREDDO	ϵ_0	N° CICLI	DIFFERENZA RISPETTO AL C.B. A CALDO
Con emulsione Bitemulsion 60 RL	200	7.730	52%
Con schiumato - Leopoldo sito Pisa		2.349	-54%
Con emulsione - Leopoldo sito Lucca		5.669	12%
Base c.b. tradizionale a caldo Leopoldo sito Firenze		5.076	0%

BASE RIGENERATA A FREDDO	ϵ_0	N° CICLI	DIFFERENZA RISPETTO AL C.B. A CALDO
Con emulsione Bitemulsion 60 RL	250	3.581	96%
Con schiumato - Leopoldo sito Pisa		582	-68%
Con emulsione - Leopoldo sito Lucca		1.795	-2%
Base c.b. tradizionale a caldo Leopoldo sito Firenze		1.824	0%



10A e 10B. Il confronto resistenza alla fatica con i risultati del progetto Leopoldo



11A e 11B. Il confronto resistenza alla fatica con i risultati del progetto Leopoldo



12A e 12B. La posa in opera: la fase di compattazione

CONCLUSIONI

La rigenerazione a freddo delle pavimentazioni stradali effettuata con tecniche a freddo è sempre più al centro dell'attenzione degli operatori del settore in

quanto consente di ottenere notevoli benefici ambientali senza rinunciare all'affidabilità tecnica del risultato finale, grazie all'impiego dell'emulsione speciale Bitemulsion 60 RL. ■

⁽¹⁾ *Ingegnere, Responsabile Tecnico e di Ricerca & Sviluppo di Bitem Srl*

⁽²⁾ *Ingegnere, Responsabile del Laboratorio di Bitem Srl*

⁽³⁾ *Direttore Tecnico dell'Impresa Di Gabbia A. & C. Srl*

⁽⁴⁾ *Ingegnere, Funzionario Tecnico della NExT*

DATI TECNICI

Stazione Appaltante: ANAS SpA

Contraente Generale: ATI composta da Esseti Srl ed Essepi Costruzioni Srl

RUP: Ing. Luigi Mupo

Direzione dei Lavori: Geom. Maurizio Polvani (Direttore Operativo)

Responsabile Sicurezza: Geom. Mauro Belli

Direzione di Cantiere: Geom. Mauro Belli

Esecutori dei Lavori: ATI composta da Esseti Srl ed Essepi Costruzioni Srl

Subappaltatori: Di Gabbia A. & figlio Srl

Importo dei lavori: 2.100.000 Euro

Durata dei lavori: 120 giorni

Data di consegna: 19 Maggio 2016

Data di ultimazione: 14 Dicembre 2016