

# SINERGIA TRA LEGANTI IN UN CB AD ALTO CONTENUTO DI RAP

**RIGENERVAL PBT È IL NUOVO BITUME MODIFICATO DI VALLI ZABBAN PER REINTEGRARE COMPLETAMENTE LE PROPRIETÀ VISCOELASTICHE DEL LEGANTE IN UN CONGLOMERATO PRODOTTO CON ELEVATE PERCENTUALI DI RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT)**

Una pavimentazione flessibile ecosostenibile deve prevedere l'impiego di materiali di risulta da dismissioni degli strati ammalorati delle pavimentazioni stesse (RAP) ma al contempo garantire l'efficienza funzionale e strutturale dell'infrastruttura stradale per una durata maggiore o almeno pari a una prodotta con materiali vergini.

In questo contesto, riveste un ruolo fondamentale il legante bituminoso che si verrà a costituire dalla miscelazione del bitume presente nel RAP con quello nuovo di apporto. Per questo motivo è importante conoscere sia la percentuale che le caratteristiche del bitume presente nel RAP perché insieme al bitume d'apporto determineranno la qualità del legante nel conglomerato.

Nei conglomerati bituminosi dove è richiesto - per aumentarne le prestazioni - un bitume modificato di tipo Hard, è importante che il bitume di apporto integri e ripristini tutte le proprietà viscoelastiche del bitume presente nel RAP così da garantirne le caratteristiche tipiche di un bitume modificato Hard.

Basandosi su queste considerazioni, il laboratorio centrale di Bologna ha ricercato e sviluppato un nuovo legante che è stato chiamato Rigenerval PBT.

Lo studio per la formulazione del nuovo legante è partito dall'analisi del bitume presente nel fresato.

Sono stati campionati e analizzati diversi fresati di pavimentazioni prodotte con bitume modificato Hard provenienti dalla rete autostradale e da strade statali gestite da ANAS.

Il legante è stato estratto secondo la Normativa UNI EN 12697-

CARATTERISTICHE	BITUME MODIFICATO HARD	RIGENERVAL PBT
	PMB 45/80-70	PMB 40/100-90
Penetrazione a 25 °C (dmm)	48	80
Punto di rammollimento (°C)	72,0	90,1
Coesione - Force Ductility Test a 10 °C (J/cm <sup>2</sup> )	3,28	7,02
Viscosità dinamica a 160 °C (Pa·s)	0,44	0,61
<b>RTFOT a 163 °C</b>		
Permanent deformation (T °C = G*·senδ ≥ 2,2kPa)	75	86
Multi Stress Creep Recovery Jnr 3,2 kPa a 64 °C (kPa-1)	0,299	0,18
Multi Stress Creep Recovery R 3,2 kPa a 64 °C (%)	54,8	91
<b>RTFOT+PAV</b>		
Fatigue cracking (T °C = G*·senδ ≤ 5,000 kPa)	21	13
Low temperature cracking (BBR T °C = S ≤ 300 MPa)	-18	-26

1. Le caratteristiche del Rigenerval PBT



2. Il Rotavapor

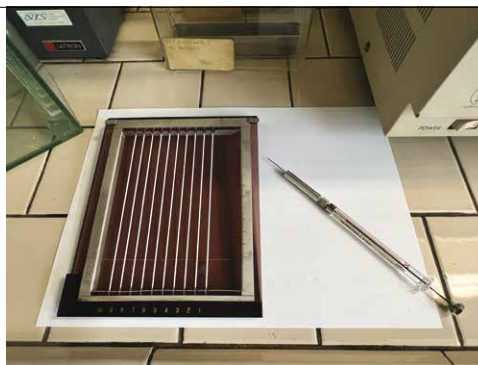
metano; la soluzione ottenuta è stata prima centrifugata per eliminarne il filler e successivamente distillata con evaporatore rotante Rotavapor (Figura 2).

Sul legante estratto, oltre alle prove tradizionali, è stata eseguita l'analisi S.A.R.A. con strumentazione latroscan (Figure 3A e 3B), secondo la Normativa IP469, una cromatografia su strato sottile associata a un rilevatore a ionizzazione di fiamma che permette di determinare il contenuto di saturi, aromatici, resine e asfaltini nei residui aventi punti di ebollizione  $\geq 300$  °C.

Tutti i fresati hanno evidenziato caratteristiche simili, la media dei risultati è riportata in Figura 4.

Nella formulazione del nuovo legante si è dovuto tener conto della composizione chimica del bitume presente nel fresato, molto ricca nelle frazioni polari e asfalteniche, poco compatibili con i normali polimeri SBS e pertanto difficili da integrare nella componente elastica con il bitume modificato di apporto.

Una volta caratterizzato, il bitume modificato presente nel fresato è stato necessario verificare in che modo e proporzione questo



3A e 3B. Lo strumento latroscan

3 per non alterarne le caratteristiche chimico fisiche. Il bitume è stato estratto dal fresato a freddo con di-cloro

avrebbe interagito con il bitume modificato di apporto, in funzione del conglomerato da produrre e della percentuale di freato impiegata.

Per lo studio in esame si è così ipotizzato di dover confezionare un conglomerato bituminoso per uno strato di binder AC16 BIN Pmb 45/80-70, con il 5% di legante totale e con il 60% di RAP, conglomerato che dovrà avere le stesse caratteristiche prestazionali di un conglomerato vergine.

Si è considerato di aggiungere uno 0,2% in più di bitume per compensare l'elevata componente asfaltenica presente nel bitume del fresato.

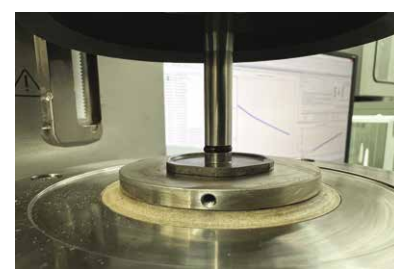
Il legante del conglomerato sarà pertanto formato dal 60% di bitume ossidato proveniente dal fresato e dal 40% di bitume modificato nuovo di apporto.

In laboratorio sono stati miscelati accuratamente i due bitumi nelle suddette proporzioni e si è proceduto alla valutazione

prestazionale dei leganti con prove reologiche condotte con reometro DSR (Figure 5 e 6) prendendo come



5. Il Dynamic Shear Rheometer



6. La configurazione PP8 mm

CARATTERISTICHE	NORMA	AUTOSTRADAE			ANAS		
		BASE	BINDER	USURA	BASE	BINDER	USURA
Penetrazione a 25°C (dmm)	EN 1426	17	16	14	16	15	16
Punto di rammollimento (°C)	EN 1427	71,6	70,4	77,2	74,9	73,8	76,6
Viscosità a 160°C (Pa·s)	EN 13302	0,76	0,84	0,90	0,82	0,9	0,86
S.A.R.A.							
Saturi (%)	IP 469	8,4	9,0	8,6	9,2	8,4	7,2
Aromatici (%)	IP 469	32,5	29,1	26,9	24,8	30,3	24,7
Polari (%)	IP 469	30,8	31,8	33,5	34,5	30,9	34,8
Asfaltini (%)	ASTM D3279	28,3	30,1	31,0	31,5	30,4	33,3

4. Le caratteristiche del bitume estratto da RAP



bitume di riferimento un PmB 45/80-70. Sono stati analizzati e confrontati i seguenti leganti:

- bitume modificato proveniente dal freato (RAP);
- bitume modificato Pmb 45/80-70 (riferimento);
- 60% RAP + 40% Pmb 45/80-70 + additivo rigenerante;
- 60% RAP + 40% Rigenerval PBT.

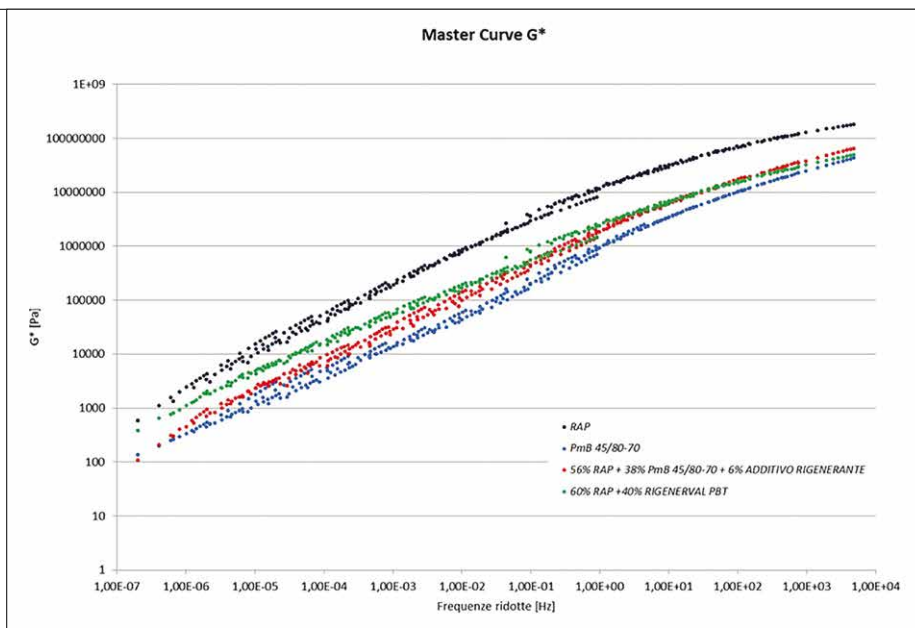
### LE MASTER CURVES

Per la valutazione del comportamento viscoelastico del legante sono state costruite le master curves dei leganti in esame. Le master curves sono curve ottenute dalla traslazione dei dati misurati per diverse temperature di prova che stabiliscono l'andamento della funzione visco-elastica in esame, in un nuovo dominio, più esteso rispetto a quello delle singole curve iniziali. Le master curves possono così essere utilizzate per rappresentare il comportamento del materiale in un ampio intervallo di tempi o frequenze di carico dove l'andamento sperimentale determinato dall'unica curva racchiude entrambi gli effetti del tempo e della temperatura.

Sono state rappresentate la variazione del modulo complesso  $G^*$  e dell'angolo di fase  $\delta$  in funzione della frequenza prendendo come riferimento la frequency sweep a 25 °C.

In Figura 7 sono rappresentate le master curves del modulo complesso  $G^*$  in funzione della frequenza.

Si può osservare come aggiungendo al bitume presente nel RAP sia il Rigenerval PBT sia un PmB 45/80-70 addizionato con il 6% di additivo rigenerante si possa ottenere un andamento



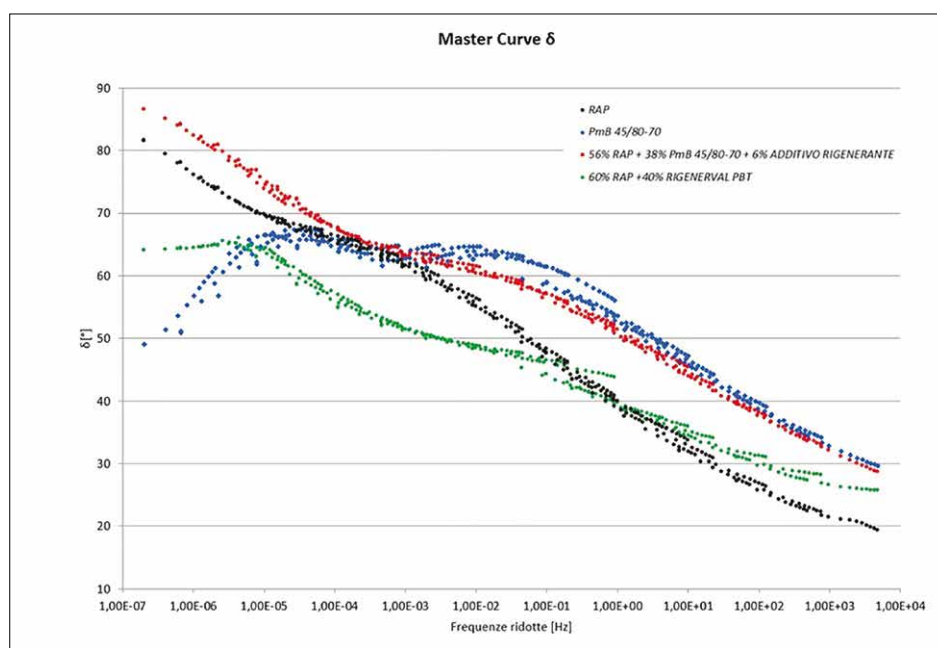
7. Le master curves Modulo Complesso

del modulo complesso alle varie frequenze paragonabile al PmB 45/80-70 preso come riferimento.

In Figura 8 sono rappresentate le master curves dell'angolo di fase  $\delta$  in funzione della frequenza.

L'angolo di fase  $\delta$  è una misura del rapporto tra il modulo viscoso e quello elastico del materiale. Per valori  $\delta > 45^\circ$  ( $G'' > G'$ ), la risposta del materiale sarà prevalentemente viscosa mentre per valori  $\delta < 45^\circ$  ( $G' > G''$ ), la risposta del materiale è prevalentemente elastica.

Dalle misure condotte, risulta che l'impiego di un additivo rigenerante insieme ad un tradizionale PmB 45/80-70 non sono sufficienti a ripristinare la componente elastica tipica di un bitume modificato cosa che invece si ottiene con il Rigenerval PBT.



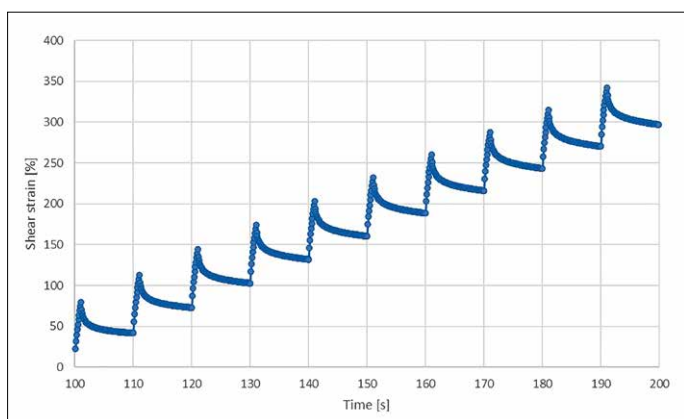
8. Le master curve angolo di fase

### IL TEST MSCR - MULTI STRESS CREEP RECOVERY

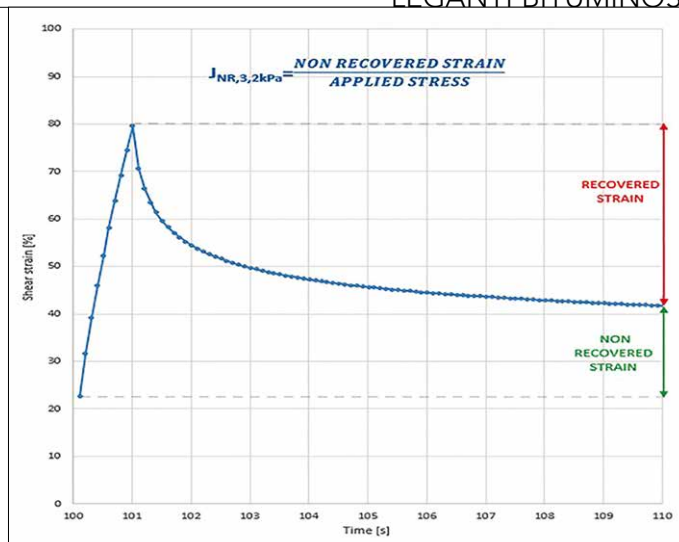
Per valutare i leganti ad elevate temperature di servizio, in particolare la resistenza allo stress e al carico, è stato condotto il test di Multiple Stress Creep Recovery (MSCR).

Questo test consente di classificare i leganti a una determinata temperatura per valutarne le prestazioni nei termini di resistenza alle deformazioni permanenti, in funzione del carico di traffico. A differenza delle prove in regime oscillatorio che vengono condotte in campo di viscoelasticità lineare del materiale, il test di MSCR è al di fuori di questo campo, così da poter simulare meglio le deformazioni permanenti generate dai carichi di traffico.

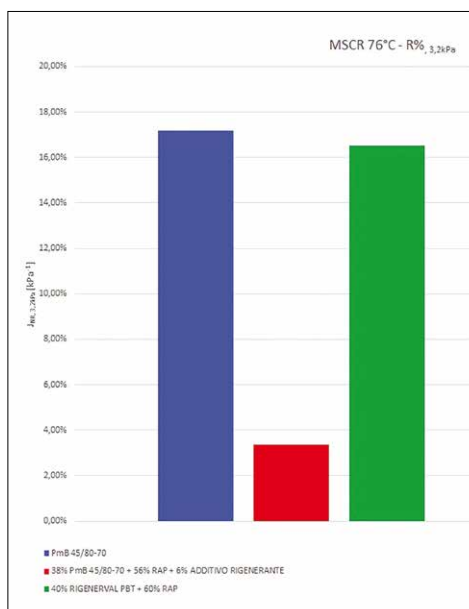
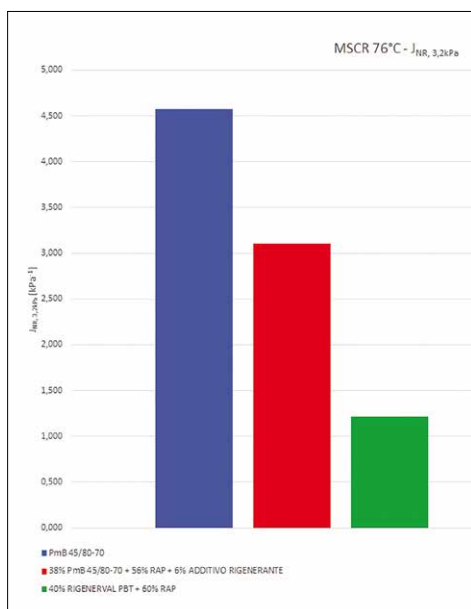
La prova consiste nell'effettuare un creep di 1 s seguito da un recovery di 9 s ripetuti per dieci cicli consecutivi applicando un carico di 0,1 e 3,2 kPa.



9. MSCR: i cicli di Creep Recovery



10. MSCR: l'analisi del singolo ciclo



11A e 11B. MSCR: i valori di  $J_{NR}$  e di recupero elastico dei tre leganti in esame

Nella prova si determinano i valori di:

- $J_{NR}$  deformazione media non recuperata in funzione del carico applicato (3,2 kPa);
- recupero elastico medio (3,2 kPa)

Per valutare la resistenza alle deformazioni permanenti alle alte temperature di esercizio della pavimentazione, il MSCR è stato condotto ad una temperatura di 76 °C, temperatura che in estate si può raggiungere facilmente sulla pavimentazione.

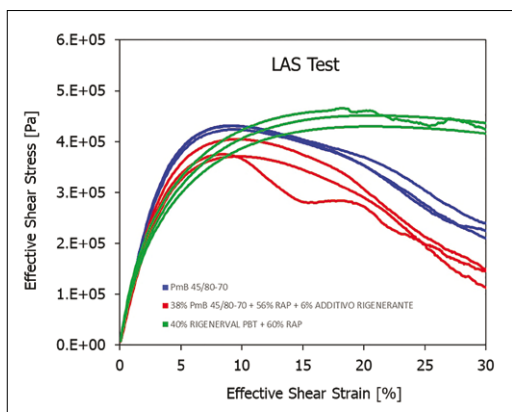
Dalle prove di MSCR condotte si evince come l'aggiunta di Rigenerval PBT al fresato garantisca una maggior resistenza alle deformazioni permanenti rispetto al PmB Hard e additivo rigenerante sia in termini di deformazione recuperata (minor valore di JNR) (Figura 11A) che di recupero elastico (Figura 11B).

### IL TEST LAS - LINEAR AMPLITUDE SWEEP

Il test LAS si basa sulla teoria VECD - Viscoelastic Continuum Damage. Il principale vantaggio della VECD è la possibilità di prevedere la vita a fatica dei materiali testati a qualsiasi ampiezza di carico. Le miscele di asfalto e i leganti bituminosi presentano una relazione ben definita tra l'ampiezza del carico applicato e la vita a fatica ( $N_f$ ). I risultati della prova LAS condotta alla temperatura di 20 °C dimostrano che il legante RAP + Rigenerval PBT è contraddistinto da migliori proprietà di fatica rispetto agli altri leganti testati e che pertanto può essere utilizzato con successo nella costruzione di pavimentazioni che richiedono elevate prestazioni di resistenza a fatica.

### CONCLUSIONI

Le prove reologiche condotte sul Rigenerval PBT hanno dimostrato che, in un conglomerato con elevato contenuto di RAP, è possibile ricostituire un legante bituminoso che abbia le stesse caratteristiche viscoelastiche di bitume modificato Hard così da realizzare pavimentazioni ecosostenibili che garantiscano l'efficienza funzionale e strutturale dell'infrastruttura stradale per una durata maggiore di una prodotta con materiali vergini. ■



12. LAS: il diagramma Shear Stress vs Shear Strain

(1) Ingegnere, Direttore Tecnico Tecnologie Stradali di Valli Zabban SpA

(2) Ingegnere, Responsabile R&D Tecnologie Stradali di Valli Zabban SpA