

Tecnologie ultrasottili *per pavimentazioni stradali*

Ultrathin technologies *for road pavements*

Riassunto

Con l'introduzione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM), la progettazione di nuove strade e i risanamenti di pavimentazioni esistenti devono avere, come obiettivo primario, quello di garantire una vita utile della pavimentazione di almeno 20 anni. Gli interventi di manutenzione preventiva diventano pertanto fondamentali per la durata e la sicurezza della pavimentazione stradale.

Tra gli interventi che possono essere utilizzati si collocano i trattamenti superficiali ultrasottili AUTL: conglomerati prodotti e stesi a tiepido (WMA) nello spessore di 1 cm prodotti con un legante bituminoso specifico in grado di garantire elevate prestazioni nei termini di resistenza alle deformazioni permanenti nelle stagioni estive e alle fessurazioni in quelle invernali.

With the introduction of the Minimum Environmental Criteria (CAM), the design of new roads and the rehabilitation of existing pavements must have, as their primary objective, ensuring a service life of at least twenty years. Preventive maintenance measures are therefore essential for the durability and safety of road pavements.

Among the measures that can be employed are AUTL ultrathin surface treatments: warm-mix asphalt (WMA) mixtures produced and laid at a thickness of 1 cm, using a specific bituminous binder capable of ensuring high performance in terms of resistance to permanent deformation in summer and cracking in winter

Summary

*Tra **durabilità e riciclo**, per una manutenzione stradale sostenibile*

1. Introduzione

I trattamenti superficiali consentono di riparare e prevenire in modo efficace i danni causati dagli agenti atmosferici e dalle sollecitazioni dovute al traffico.

La scelta del trattamento superficiale più adeguato dipenderà dal problema specifico da risolvere o prevenire, nonché dalla fase del ciclo di vita della strada in cui verrà applicato e dalla gravità del danno.

Tradizionalmente, per i trattamenti superficiali sono state ampiamente utilizzate tecniche a freddo. Tuttavia, anche

le tecniche a caldo hanno acquisito importanza in questo campo, portando allo sviluppo degli strati ultra sottili di asfalto AUTL (Ultra-Thin Layer Asphalt) e delle relative tecniche.

Sebbene gli strati ultra sottili AUTL abbiano evidenziato molti vantaggi, se impiegati come trattamenti superficiali, in passato sono insorte problematiche legate soprattutto al fatto che lo spessore ridotto dello strato lo rende molto incline a raffreddarsi molto rapidamente al di sotto delle temperature minime di lavorabilità.

Questo rapido raffreddamento limita la possibilità di compattazione e di correzione di eventuali difetti durante l'applicazione.

Per lo stesso motivo, le condizioni meteorologiche potrebbero influire negativamente sull'applicazione di strati ultrasottili.

Per limitare il problema si potrebbe operare ad una temperatura più elevata della miscela così da ampliare i tempi e le condizioni operative. Tuttavia, operare a temperature più elevate comporta



Fig. 1. Il microtappeto AUTL

un maggiore consumo energetico e un maggiore rilascio di CO₂. Un'elevata temperatura della miscela influisce poi negativamente sulle proprietà del legante causandone un invecchiamento precoce con riduzione della vita utile del trattamento.

L'uso di additivi che modificano le proprietà viscoelastiche del bitume in funzione della temperatura rappresenta una strategia molto promettente per migliorare l'applicazione dell'AUTL.

Il comportamento viscoelastico della maggior parte dei bitumi, in funzione della temperatura è piuttosto lineare: essi si comportano come liquidi viscosi alle alte temperature, mentre alle temperature di esercizio si comportano come solidi morbidi che si induriscono con il diminuire della temperatura, trasformandosi in solidi rigidi alle basse temperature. Idealmente, sarebbe auspicabile che il bitume si comportasse come un liquido fluido al di sopra del suo punto di fusione (oltre i 100 °C), comportandosi come un solido consistente e plastico alle temperature di traffico (fino

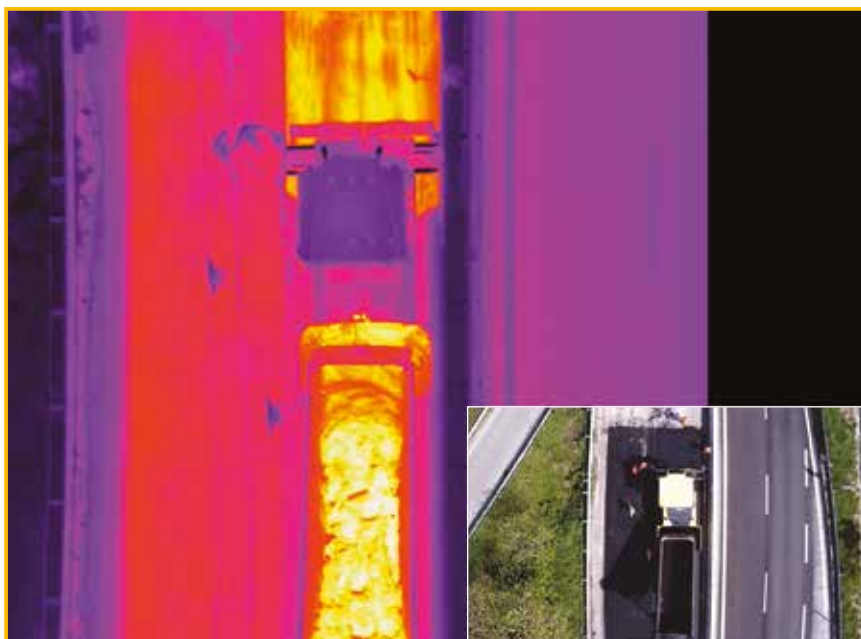


Fig. 2. La misurazione delle temperature con termocamera su drone

a 80 °C) senza diventare troppo fragile, al fine di prevenire la formazione di crepe, specialmente alle temperature invernali.

I leganti bituminosi possono essere modificati con agenti fluidificanti che li rendono più fluidi. Tuttavia, gli agenti fluidificanti possono rendere il bitume troppo morbido in condizioni di traffico.

Ciò comprometterebbe gravemente la capacità portante della pavimentazione una volta aperta al traffico. Pertanto, l'uso di agenti fluidificanti per facilitare l'applicazione dell'AUTL non sembra una strategia del tutto soddisfacente, a meno che questa eccessiva morbidezza alle temperature di traffico non venga in qualche modo compensata.

L'uso di additivi per conglomerati a temperatura ridotta (WMA) sono tecnologie che consentono la lavorabilità della miscela bituminosa a temperature inferiori al normale. In questo modo, è possibile compensare i limiti della tecnologia AUTL causati dal rapido raffreddamento della miscela durante la sua applicazione.

Le paraffine costituiscono un gruppo di additivi per le miscele bituminose che riducono la viscosità del bitume.

Quando si utilizzano additivi su base paraffinica si possono riscontrare però due limitazioni: la prima è che può essere necessaria una quantità elevata di paraffina per diminuire la viscosità del legante e

rendere possibile la miscelazione e la stesa a temperature ridotte; la seconda è l'infragilimento del legante a basse temperature, che può causare problemi di fessurazioni nella pavimentazione durante la stagione invernale.

I tensioattivi sono un altro gruppo di additivi per WMA. Non modificano in modo significativo le proprietà reologiche del bitume. Agiscono come agenti lubrificanti all'interfaccia bitume-aggregato, contribuendo a mantenere la lavorabilità della miscela bituminosa a temperature significativamente inferiori allo standard.

Sono state studiate e valutate le caratteristiche dei vari additivi presenti sul mercato e gli effetti sulle proprietà meccaniche del bitume alle diverse temperature. Grazie alla combinazione di più additivi è stato possibile formulare un legante specifico per la realizzazione di uno strato di usura ultrasottile da 1 cm di spessore.

2. Le caratteristiche del legante

La formulazione del legante specifico per AUTL è stata fatta valutando le prestazioni del bitume con prove reologiche, in paragone con un legante tradizionale 50/70, secondo la Normativa AASHTO

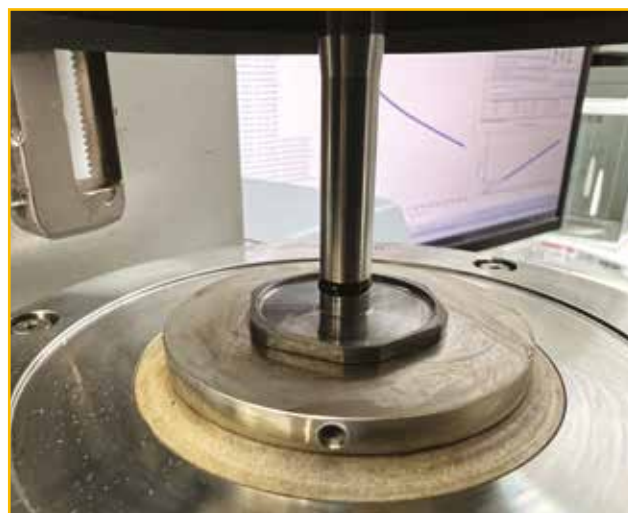


Fig. 3. Il test con reometro DSR

Caratteristiche	Proprietà	Metodo	U.d.M.	Prestazione
Consistenza alle temperature intermedie di esercizio	Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50
Consistenza alle temperature elevate di esercizio	Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	72
Durabilità resistenza all'invecchiamento a breve termine RTFOT EN 12607-1	Variazione di massa	-	%	< 0,5
	Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	60
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	4
	Resistenza alle deformazioni permanenti	UNI EN 14770	°C	80,3
	$T = G^*/\sin\delta \geq 2,2 \text{ kPa}$			
Durabilità resistenza all'invecchiamento a lungo termine RTFOT+PAV EN 12607-1 EN 14769	Resistenza alle fessurazioni a fatica	UNI EN 14770	°C	22,8
	$T = G^* \cdot \sin\delta \leq 5,000 \text{ kPa}$			

Tab.1. Le caratteristiche del legante

per l'individuazione del Performance Grade:

1. miscelazione e compattazione: con il reometro DSR, applicando uno Shear Rate di 2 s_{-1} , è stata misurata la viscosità del mastice bituminoso (50% filler e 50% legante) alle temperature comprese tra 110 e 160 °C;
2. resistenza alle deformazioni permanenti: con il reometro DSR, dopo invecchiamento a breve termine RTFOT, è stato misurato il modulo G^* e l'angolo delta del legante in funzione della temperatura per individuare la temperatura a cui $G^*/\sin\delta$ raggiunge un valore di 2,2 kPa;
3. resistenza alle fessurazioni a fatica: con il reometro DSR, dopo invecchiamento a breve termine RTFOT e a lungo termine PAV, è stato misurato il modulo G^* e l'angolo delta del legante in funzione della temperatura per individuare a quale temperatura $G^* \cdot \sin\delta$ ha un valore di 5.000 kPa.

Lo studio condotto ha permesso di formulare un legante specifico per AUTL con le caratteristiche prestazionali rappresentate nelle **Figure 4, 5 e 6**:

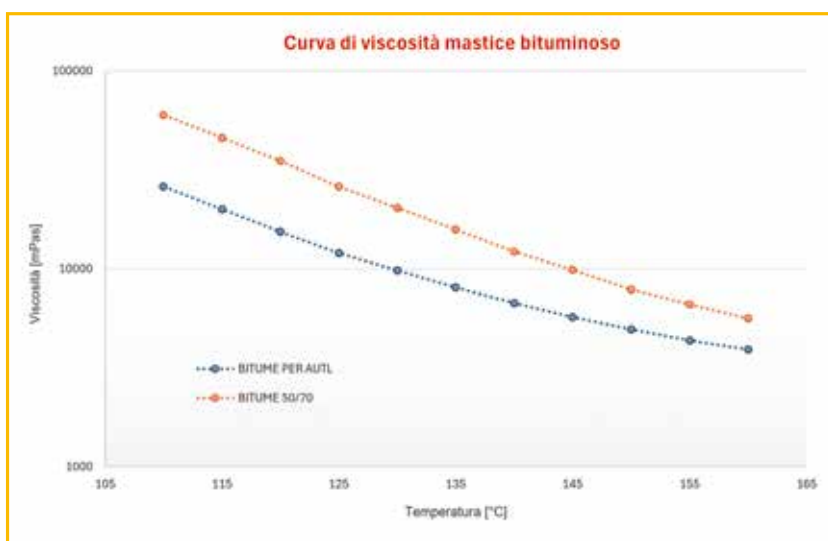


Fig. 4. La curva di viscosità del mastice bituminoso

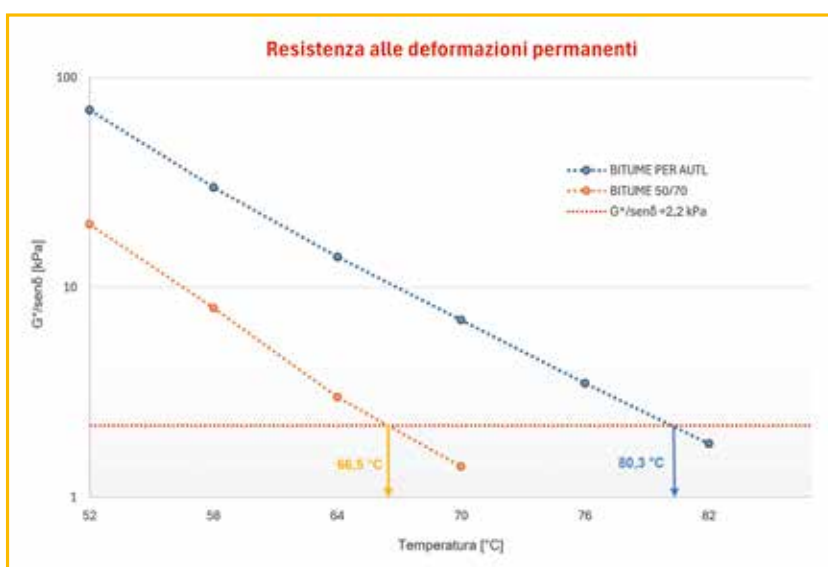


Fig. 5. La resistenza alle deformazioni permanenti

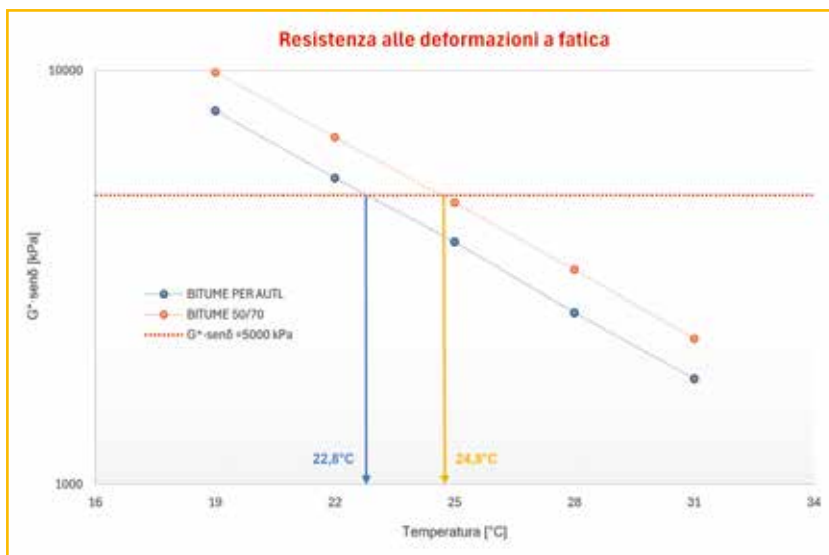


Fig. 6. La resistenza alle deformazioni a fatica

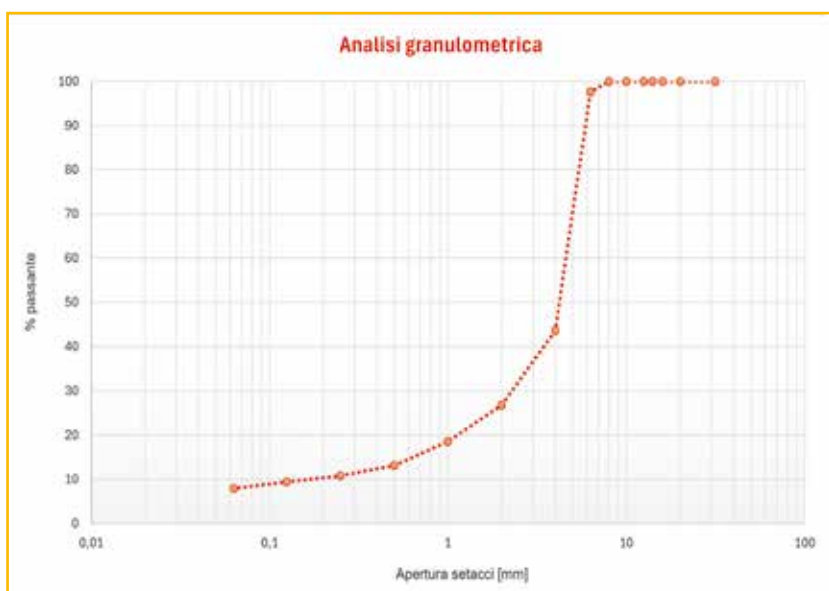


Fig. 7. Il mix design



Fig. 8. La finitrice al lavoro durante la stesa

- il mastice bituminoso nel rapporto 1:1 con legante specifico per AUTL ha la stessa lavorabilità ad una temperatura inferiore di circa 14 °C rispetto allo standard con bitume 50/70;
- il legante ha una maggior resistenza alle deformazioni permanenti dovute alle alte temperature ambientali mantenendo comunque una buona resistenza alla fessurazione a fatica rispetto al legante standard 50/70.

3. La prova di stesa

Dopo aver formulato il legante si è studiato in laboratorio un mix design specifico per UTML che consentisse di realizzare un conglomerato ecosostenibile da 1 cm di spessore con elevate prestazioni sia in termini di durata che di aderenza superficiale.

Per questo sono stati impiegati inerti artificiali, sabbie di recupero da termovalorizzatore e granulato di conglomerato bituminoso per raggiungere il 70% totale di materiale di recupero.

Il mx design, determinato in volume, è riportato in **Figura 7**.

Il conglomerato è stato testato con una stesa sperimentale su una strada ANAS a doppia carreggiata per senso di marcia, ad elevata percorrenza, in località Fossombrone PU.

Il conglomerato è stato prodotto a 140 °C e compattato ad una temperatura di 120 °C.

Le prestazioni del conglomerato, prelevato dalla finitrice e compattato in opera con il laboratorio mobile per non dover riscaldare nuovamente il campione che ne

Caratteristiche	Standard di riferimento	U.d.M.	Prestazione
Peso specifico	UNI EN 12697-06	g/cm ³	50
Percentuale dei vuoti a N _{finale}	UNI EN 12697-08	%	72
Percentuale di legante	UNI EN 12697-01	%	5,8
Modulo di rigidezza ITSM UNI EN 12697-26	a 10 °C	MPa	13.500
	a 20 °C	MPa	9.500
	a 40 °C	MPa	2.300
	a 60 °C	MPa	840

Tab.2. Le prestazioni del conglomerato bituminoso prelevato dalla finitrice e compattato in opera tramite laboratorio mobile

avrebbe alterato le caratteristiche, sono riportate in **Tabella 2**.

Per una corretta stesa del conglomerato non è stato necessario apportare modifiche alla finitrice per riuscire a posare lo strato di conglomerato da 1 cm compattato. L'aderenza della pavimentazione è stata misurata con il metodo del pendolo secondo la Normativa UNI EN 13036-4 e la profondità della macro-tessitura della superficie con la tecnica volumetrica ad impronta secondo la Normativa UNI EN 13036-1. Il valore di BPN è risultato di 82 indice di una pavimentazione antisdrucchiabile per eccellenza con un MTD (mean texture depth) di 0,75.



Fig. 9. La compattazione con pressa giratoria su laboratorio mobile



Fig. 10. La prova di aderenza con pendolo

4. Conclusioni

Sulla base dei risultati della sperimentazione condotta è possibile affermare che questa tecnologia garantisce la sinergia ottimale tra sostenibilità ambientale e prestazionale, coniugando il contenimento dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ con elevate prestazioni meccaniche e di sicurezza.

La formulazione del legante specifico, unita all'impiego di un mix design ad alto contenuto di materiali di recupero, ha permesso di realizzare uno strato ultra-

sottile da 1 cm in grado di garantire ottima resistenza alle deformazioni permanenti, buona resistenza alla fessurazione a fatica e un'eccellente aderenza superficiale, come confermato dai valori di BPN e MTD rilevati nella prova di stesa su strada. Tale tecnologia può quindi essere impiegata sia in fase di manutenzione della pavimentazione, per il ripristino rapido ed efficace dell'aderenza, sia in fase di nuova costruzione, per ridurre lo spessore dello strato di usura senza penalizzare durabilità e sicurezza, in piena coerenza con gli obiettivi dei Criteri Ambientali Minimi.



⁽¹⁾ Direttore Tecnico di Valli Zabban SpA