



# SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DI PAVIMENTAZIONI ECOLOGICHE

**APPLICAZIONI DI MISCELE BITUMINOSE CONTENENTI ASFALTI DI RICICLO  
E ADDITIVI CHIMICI SPECIALI IN UN PROGETTO SMART ROAD**

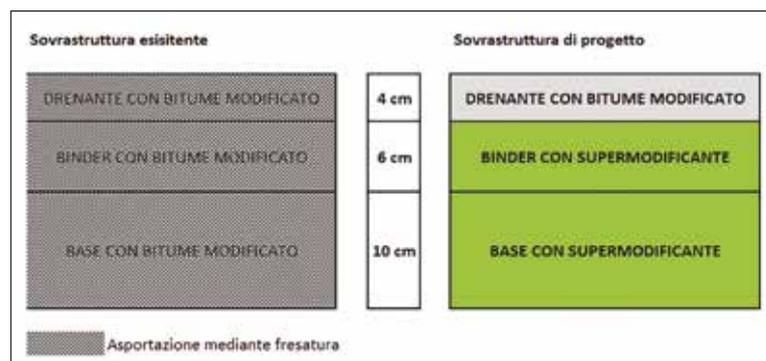
La mission di ASTM è quella di essere protagonista della mobilità sostenibile promuovendo la transizione tecnologica ed ecologica attraverso innovazioni tese a rendere le infrastrutture più sicure, intelligenti e anche più sostenibili. SATAP, la Società concessionaria di ASTM, ha presentato un piano economico finanziario per il periodo 2023-2026 ("EFP 2023-26") con l'obiettivo di trasformare l'Autostrada A4 Torino-Milano in un'infrastruttura Smart Road.

Questo progetto di trasformazione è sostenuto dall'adozione di Science Based Targets (SBT) che mirano alla significativa riduzione delle emissioni di gas serra del Gruppo entro il 2030, perseguendo i propositi della tassonomia ambientale dell'UE, come la mitigazione dei cambiamenti climatici e l'economia circolare. Uno degli investimenti più importanti riguarda l'utilizzo di pavimentazioni ad alte prestazioni e più durevoli utilizzando miscele di asfalto innovative. L'HMA attualmente adottato per gli strati di base e binder sarà sostituito da un conglomerato bituminoso altamente modificato con composti polimerici speciali (contenenti plastiche da riciclo e grafene) e granulato di asfalto. Con la collaborazione dell'Università di Bologna, è stato condotto uno studio con lo scopo di valutare i possibili impatti am-

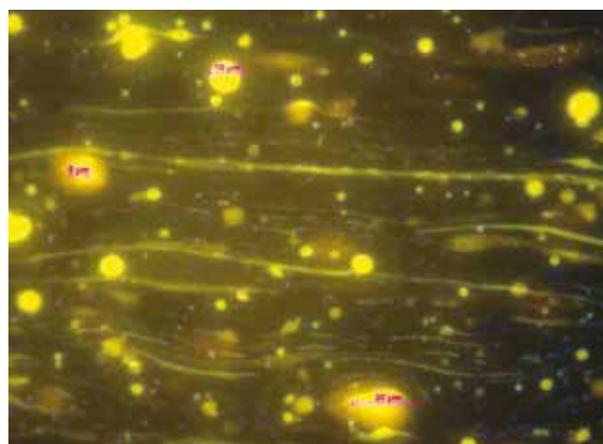
bientali ed economici della produzione impiantistica di conglomerato bituminoso contenente percentuali significative di RAP (fino al 70%) e uno specifico Compound Polimerico (PC). Il presente contributo illustra gli impatti ambientali ed economici valutati mediante approcci di Life Cycle Analysis (LCA) e Life



2. Composti Polimerici Speciali: nanoplatelets di grafene (GNP)



1. Il progetto di intervento di trasformazione Autostrada A4 Torino-Milano



3. Bitume modificato con SBS e fotografato con ingrandimento 500x

Cycle Costing (LCC). I risultati ottenuti sono stati confrontati con gli impatti della produzione di miscele contenenti il 30% di RAP e bitume modificato con polimeri SBS, formulazione diffusamente adottata per la produzione di conglomerato bituminoso per gli strati di base e binder nella maggior parte delle autostrade ASTM.

### PAVIMENTAZIONI ECOLOGICHE E VALUTAZIONI LCA/LCC NEI PROGETTI SMART ROAD INTERNAZIONALI

L'utilizzo di materiali alternativi per la costruzione stradale provenienti da materiali riciclati e/o sottoprodotti insieme a tecnologie avanzate può contribuire a ridurre l'impatto ambientale delle infrastrutture di trasporto, promuovendo una transizione strutturale e completa dalle strade tradizionali a quelle "smart". Tra gli aggregati riciclati disponibili ed adatti alla produzione di miscele di asfalto, quelli da asfalto recuperato RAP rappresentano un prodotto di alto valore che consente di massimizzare il riciclo delle risorse a livello di legante e miscela di asfalto.

Quando il RAP viene utilizzato al vertice della gerarchia di riciclaggio degli strati di asfalto, gli aggregati possono sostituire parzialmente lo scheletro litico ed il legante incorporato una parte dei leganti bituminosi aggiunti. A causa degli elevati carichi di traffico, la modifica del bitume è diventata oggi una prerogativa per gli strati di asfalto autostradali. Grazie alla rete altamente elastica, i copolimeri Stirene-Butadiene-Stirene (SBS) sono il modificatore vergine più utilizzato per produrre Bitume Modificato Polimerico (PmB). Sebbene migliorabile, vari studi hanno dimostrato la fattibilità dell'utilizzo di prodotti riciclati come modificatori di bitume sia sul legante che sulla miscela di asfalto ottenendo una modifica simile rispetto ai polimeri vergini. I compound possono essere incorporati in materiali bituminosi tramite processi a umido o a secco.

Nel primo metodo, i polimeri vengono accuratamente miscelati nel bitume ad alta temperatura producendo il bitume modificato polimerico (PmB); mentre, nel secondo, vengono incorporati

ad aggregati e bitume durante la produzione di un Polymer Modified Asphalt (PMA).

Il riciclaggio di prodotti di scarto di alta qualità nei materiali da costruzione stradali riflette la tendenza mondiale ad affrontare le problematiche ambientali esistenti cercando di incentivare l'uso efficiente delle risorse e ridurre le emissioni di carbonio. In generale, l'utilizzo di aggregati e polimeri riciclati consente la positiva riduzione dei costi ambientali e, talvolta, del costo economico delle infrastrutture di pavimentazione.

L'industria dell'asfalto ha adottato varie tecniche per controllare e ridurre le emissioni di gas serra (GHG). Il conglomerato bituminoso Warm Mix Asphalt (WMA) rappresenta un esempio di miscela additivata con l'obiettivo di ridurre la temperatura di produzione garantendo al contempo una buona lavorabilità. L'utilizzo di additivi specifici per la produzione WMA non solo garantisce un'elevata lavorabilità e compatibilità della miscela bituminosa, ma ammorbidisce il legante bituminoso usato, favorendo l'aggiunta e l'integrazione con il RAP. Questo tipo di innovazioni riflette il passaggio globale verso la sostenibilità e l'economia circolare. Infatti, la transizione green richiede l'implementazione di prodotti con minori impatti ambientali, ma



4. Esempio di stoccaggio controllato del RAP al campo prove in A4 a Ottobre 2022



5. La fase di fresatura del manto stradale esistente presso il campo prove dell'Autostrada A4 a Ottobre 2022



6. La fase di pulizia e livellamento del piano di sottofondo presso il campo prove in A4 a Ottobre 2022

simili o migliori rispetto alle tecnologie attuali. Alcune analisi di valutazione ambientale sono disponibili in letteratura.

Ad esempio, studi di LCA condotti in Brasile e Svizzera hanno dimostrato che il riciclaggio del RAP migliora le prestazioni ambientali di HMA. Inoltre, emerge che il legante ha un elevato carico ambientale e la miscelazione all'interno del RAP ha un ulteriore effetto ambientale positivo su di esso. In particolare, i risultati ottenuti nello scenario svizzero hanno evidenziato che la produzione di conglomerato bituminoso additivato ha un minore impatto ambientale, ma una posizione strategica dei fornitori di materiali e degli impianti di miscelazione potrebbe migliorare le sue prestazioni ambientali a causa delle relative distanze di trasporto.

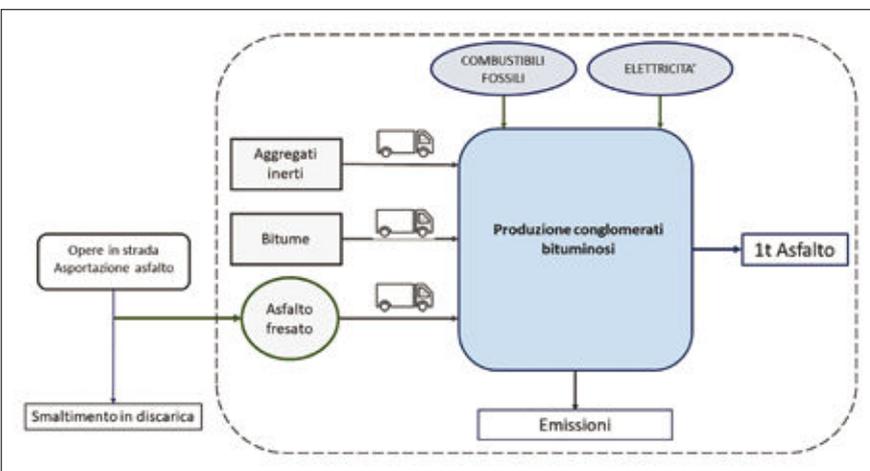
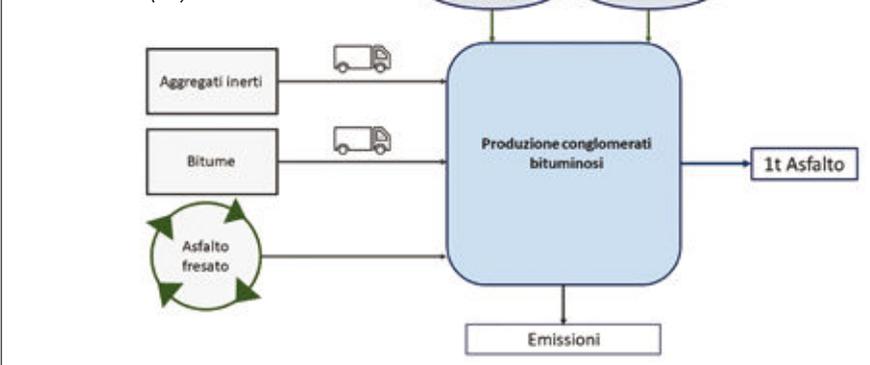
## IL PROGETTO SMART ROAD

Il Gruppo ASTM è stato il primo operatore autostradale europeo - e il più grande al mondo in termini di chilometri gestiti - a fissare obiettivi di riduzione delle emissioni scientificamente fondati approvati dall'iniziativa Science Based Targets (SBT) e quindi in linea con il trend di riduzione delle emissioni di gas serra (GHG) previsto dall'accordo di Parigi. Entro il 2030, ASTM si è impegnata a ridurre del 25% le proprie emissioni dirette e indirette (Scope 1 e 2) e del 13% le emissioni indirette non possedute (Scope 3) derivanti da beni e servizi acquistati da terzi.

Una prova tangibile di queste intenzioni inizia a svolgersi nel progetto "Innovazioni tecnologiche per la transizione ecologica" per il Gruppo SATAP e nella manutenzione dell'Autostrada A4 da Torino a Milano. Le sue operazioni di manutenzione si svilupperanno su un tratto di prova iniziale di circa 30 km, che rappresenterà un "Laboratorio Sperimentale" per soddisfare gli obiettivi ipotizzati per poi diffondere gradualmente l'innovativa strategia di manutenzione su tutti i 4.900 km di concessione. Ciò consentirà la ridefinizione di un nuovo sistema autostradale che creerà, tra gli altri, la costante diminuzione degli attuali impatti ambientali con la continua evoluzione del sistema relazionale nel tempo.

Gli obiettivi primari del progetto possono essere brevemente suddivisi in tre macroaree di intervento: ambientale, sicurezza stradale e assistenza alla guida, monitoraggio e manutenzione dell'infrastruttura. Questo articolo si concentra sul principale obiettivo di sostenibilità ambientale ed economica legato all'utilizzo di aggregati RAP e di un compound polimerico ecologico (PC) a base di grafene e plastiche di scarto attualmente non riciclabili. I Ricercatori dell'Università di Bologna hanno collaborato alla valutazione degli impatti ambientali ed economici della soluzione proposta. La miscela bituminosa è stata progettata da SINA con l'obiettivo finale di sviluppare le migliori soluzioni tecnologiche, garantendo al contempo la tutela dell'ambiente e l'uso razionale delle risorse non rinnovabili. A tale scopo è stata

**7A e 7B.** Il modello 1) prodotto a ciclo chiuso interno all'Azienda (7A) e il modello 2 (7B) del rifiuto evitato



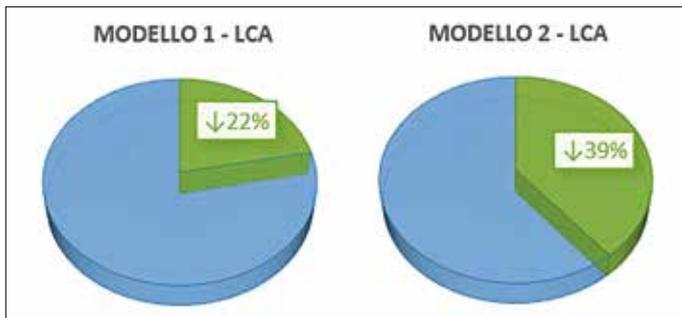
realizzato a fine Ottobre 2022 una stesa sperimentale propedeutica alla messa a regime della soluzione lungo 2 km, in ambedue le carreggiate della A4 Torino-Milano.

La scelta è scaturita dall'analisi delle caratteristiche funzionali delle pavimentazioni risultanti dalle banche dati, in relazione alla distribuzione ed all'evoluzione nel tempo dei volumi di traffico e dall'età delle pavimentazioni messe in opera.

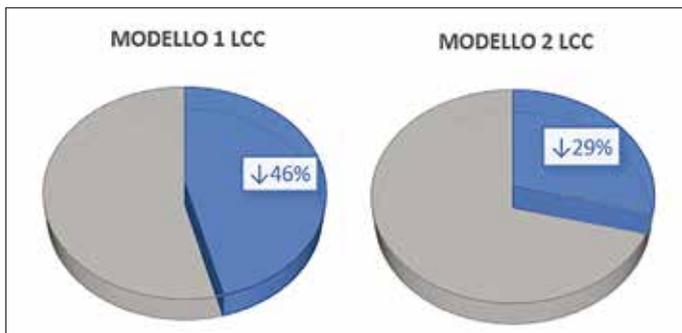
## LA SOLUZIONE SOSTENIBILE PROPOSTA E LA VALUTAZIONE LCA/LCC

In questo studio si è valutato e confrontato l'impatto ambientale ed economico della produzione e dell'uso di un'innovativa miscela PMA (Polymeric Mixed Asphalt), che incorpora un composto di rifiuti plastici e grafene per modificare un bitume pulito con una tecnologia a secco e la quantità di aggregati minerali vergini sarà ridotta fino al 30% in peso, in sostituzione della tradizionale miscela HMA contenente bitume modificato con polimeri con SBS per le operazioni di manutenzione degli strati di base e legante. Le operazioni di manutenzione standard dell'Autostrada A4 prevedono la bonifica e la successiva posa di nuovi strati di asfalto dopo specifici intervalli di tempo che dipendono dalla vita utile di ogni strato. Sulla base di uno studio preliminare condotto dal gruppo ASTM, l'uso di un composto polimerico contenente grafene (PC) come modificatore della miscela di asfalto può prolungare la vita a fatica di ogni strato di circa il 75% e quindi la sua durata.

L'analisi è stata eseguita considerando due modelli per i materiali di scarto implementati nel processo. Un modello considera gli



8A e 8B. La riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> come: prodotto interno (modello 1) e rifiuto evitato (modello 2)



9A e 9B. La riduzione dei costi: prodotto interno (modello 1) e rifiuto evitato (modello 2)

aggregati RAP come materia prima derivata e utilizzabile circolarmente all'interno del Gruppo ASTM (modello 1). In questo caso, il RAP deriva da un tipo di rifiuto che non ha precedenti oneri ambientali. È un materiale grezzo environmentally free. In alternativa, gli aggregati RAP che entrano nello stabilimento produttivo sono stati considerati come materia prima secondaria MPS, fornita al Gruppo e quindi evita il suo smaltimento (modello 2). Infatti, questo materiale di scarto è classificabile come rifiuto evitato, perché dovrebbe essere smaltito nel suo ciclo di vita originale, mentre, al contrario, viene riciclato.

L'analisi LCA è stata condotta con un approccio cradle to gate, in due diversi scenari temporali. I dati primari sul consumo di energia, sulle risorse naturali e sui trasporti sono forniti dall'azienda.



10. Carotaggi presso il campo prove in A4 a Ottobre 2022

Poi, la letteratura e i dati secondari sono stati raccolti per colmare le carenze di informazioni dirette. Allo stesso modo, è stato fatto per lo studio di valutazione del ciclo di vita economico (LCC).

Prendendo in considerazione lo scenario di analisi LCA sulla riasfaltatura a 3 strati di 1 km in 35 anni, emerge come la riduzione delle emissioni complessive vari da un massimo di 73,30 t a un minimo di 45,74 t (riduzione dal 22% nello scenario modello 1 al 39% nello scenario modello 2).

Analogamente, grazie al miglioramento tecnologico e al minore utilizzo di materie prime vergini, l'analisi LCC ha mostrato una riduzione dei costi nello scenario a 35 anni, che oscilla tra il 46% e il 29%.

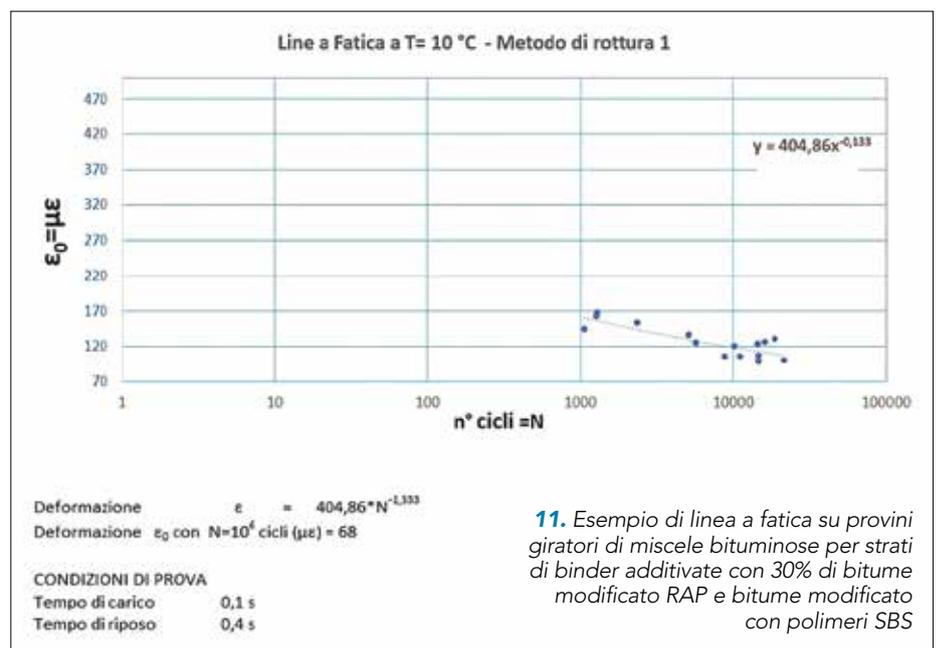
### CONSIDERAZIONI FINALI E COMMENTI

Nel presente contributo è stata mostrata la valutazione ambientale ed economica del ciclo di vita della produzione e dell'uso di due soluzioni di pavimentazione in asfalto, una tradizionale HMA con solo il 30% di RAP insieme a SBS-PmB, l'altra innovativa PMA con riutilizzo del 70% di aggregati RAP e un bitume addizionato con un additivo polimerico speciale. Grazie all'analisi LCA e LCC di due diversi scenari e alla modellizzazione degli aggregati RAP in due modi diversi, è possibile stimare una riduzione dell'impatto ambientale ed economico della soluzione innovativa, riducendo le emissioni CO<sub>2</sub>.

Le prestazioni del tratto "pilota" saranno monitorate dal laboratorio SINA per mezzo di controlli sia in fase di produzione e che di posa in opera dell'asfalto, con raccolta e analisi di campioni, sia nei mesi successivi attraverso carotaggi e prove dinamiche, direttamente su strada.

<sup>(1)</sup> Responsabile Laboratorio Monitoraggi Ambientali di Sina SpA

<sup>(2)</sup> Responsabile Prove Laboratorio Conglomerati Bituminosi di Sina SpA



11. Esempio di linea a fatica su provini giratori di miscele bituminose per strati di binder additate con 30% di bitume modificato RAP e bitume modificato con polimeri SBS