

Le pavimentazioni stradali in asfalto: confortevoli, sostenibili e insostituibili

Asphalt road pavements: comfortable, sustainable, irreplaceable

CARLO GIAVARINI
SITEB

Riassunto

Vengono esaminate le caratteristiche delle pavimentazioni asfaltiche e confrontate con quelle di altre tipologie, in particolare con le pavimentazioni cementizie. Se ci si riferisce ai tre aspetti delle attività umane correlabili al concetto di sviluppo sostenibile (società, ambiente, economia) le pavimentazioni asfaltiche presentano indubbi vantaggi, facilmente identificabili e quantificabili. Negli ultimi venti anni esse hanno mostrato una forte capacità di innovazione. Oltre a doti di confort, sicurezza e versatilità, esse sono completamente e facilmente riciclabili.

Summary

The characteristics of the asphalt road pavements are analyzed and compared with those of other pavements, such as concrete road pavements. Referring to aspects correlated to sustainable development, such as society, environment and economy, asphalt pavements are superior in many ways. In the last decades asphalt pavements have been capable to innovate themselves; besides comfort, safety and versatility, they show one important characteristic: total and easy recyclability.

1. Le pavimentazioni flessibili

L'asfalto è stato impiegato fin dai tempi più remoti dall'uomo, che ben presto scoprì le sue eccezionali proprietà e mise a frutto la propria immaginazione per trarre dal suo uso il massimo profitto.

In origine, infatti, l'asfalto è un prodotto naturale che scaturisce dalla terra in varie forme. Solo nel secolo scorso la grande diffusione del suo impiego portò alla produzione industriale nelle raffinerie di petrolio.

Molti degli usi antichi sono stati pressoché abbandonati, mentre sono rimasti e si sono diffusi quelli legati alle proprietà leganti e impermeabilizzanti del bitume, sfruttate per l'edilizia e le infrastrutture.

A partire dalla metà del 1800, l'asfalto compare nelle nostre città, ancor prima delle automobili, protagonista della lotta contro la polvere e il fango, con il fine di

renderle più igieniche e vivibili. Da allora la sua diffusione non si è mai fermata, con una accelerazione esponenziale nella seconda metà dello scorso secolo.

La pavimentazione asfaltica è infatti estremamente versatile, economica e facile da costruire: può essere progettata per le più varie applicazioni, incluse autostrade, aeroporti, parcheggi e piazzali, viabilità di tutti i tipi. La rapidità di costruzione permette l'apertura al traffico in poche ore, senza che siano necessari lunghi periodi di stagionatura.

Il soffice e confortevole nastro di asfalto non ha bisogno di giunti e può essere ampliato senza problemi. È totalmente e facilmente riciclabile: negli USA è il materiale più riciclato.

Può ridurre il rumore di rotolamento dei pneumatici. La sua eco-sostenibilità non ha pari, quando si considera l'intero ciclo di vita dei materiali che lo costituiscono e la sua applicazione.



» LE PAVIMENTAZIONI STRADALI IN ASFALTO: CONFORTEVOLI, SOSTENIBILI E INSOSTUIBILI

La sicurezza di guida, dovuta all'alta aderenza, è una caratteristica tipica delle pavimentazioni asfaltiche; essa può essere ulteriormente incrementata, in caso di pioggia, con i manti drenanti.

L'asfalto è un materiale assolutamente inerte, non intaccato da sali e altri materiali che si mettono sulla strada. In inverno, fra l'altro, la neve e il ghiaccio si sciogliono prima che su altre pavimentazioni.

Una pavimentazione in asfalto ben costruita non teme confronti neppure se ci si riferisce a durabilità e manutenzione, soprattutto dopo l'introduzione delle cosiddette *pavimentazioni perpetue*. Tutto considerando, nel tempo il costo della pavimentazione risulta inferiore. Ciò è confermato anche dal fatto che è pratica comune all'estero ricoprire con un manto asfaltico le vecchie e deteriorate pavimentazioni cementizie; il costo di demolizione e smaltimento sarebbe infatti proibitivo.

2. Lo sviluppo sostenibile

Lo sviluppo sostenibile deve rispondere ai bisogni del presente senza però privare le future generazioni di soddisfare i propri. Il tasso di utilizzo delle risorse non deve superare la possibilità di rigenerarle; l'ambiente non deve ricevere più inquinanti di quelli che è in grado di smaltire. Almeno tre aspetti delle attività umane sono correlabili al concetto di sviluppo sostenibile, e precisamente: società, ambiente, economia.

Una azione sostenibile, infatti, considera, insieme ai fattori economici, anche e soprattutto quelli sociali, ambientali e del ciclo di vita.

2.1 Sostenibilità sociale

Comfort e sicurezza sono tra i principali pregi delle pavimentazioni asfaltiche e sono dovuti alle loro intrinseche caratteristiche di flessibilità; ciò permette loro di assorbire le vibrazioni scaricate dal veicolo, aumentando il comfort di marcia, cosa che si nota subito passando da una pavimentazione flessibile a una rigida. Anche la mancanza di giunti contribuisce a tale comfort.

Gli stessi propugnatori delle pavimentazioni in calcestruzzo ammettono che, mentre "le proprietà strutturali" possono essere garantite dal calcestruzzo, "le caratteristiche funzionali o superficiali non necessariamente lo sono" (Report AITEC 2009).

Anche per essi, quindi, lo strato di superficie migliore è in conglomerato bituminoso.

La sicurezza delle pavimentazioni asfaltiche deriva dalla possibilità di regolare la loro superficie per aumentarne l'aderenza in qualsiasi condizione, senza necessità di trattamenti superficiali. Il CAT (Coefficiente di Aderenza Trasversale) e l'IRI (*International Roughness Index*) sono decisamente superiori rispetto ad altri tipi di pavimentazione, come quelle in calcestruzzo. Esse, inoltre, data la loro inerzia chimica nei confronti di acidi, basi o sali, sopportano trattamenti di vario tipo, come quelli antighiaccio.

La grande evoluzione tecnologica degli asfalti drenanti ha dato un contributo essenziale alla sicurezza nei periodi di pioggia, eliminando il pericolosissimo *aquaplaning* e migliorando la visibilità.

Anche nei riguardi del rumore, le pavimentazioni in asfalto mostrano tutta la loro versatilità. Il rumore dell'autoveicolo è dovuto alla somma di almeno tre componenti: motore, resistenza aerodinamica, contatto pneumatico-pavimentazione. Con la velocità, quest'ultima componente diviene prevalente; essa è dovuta alla compressione dell'aria da parte dello pneumatico (*air pumping*). La possibilità di regolare la porosità del manto superficiale, e quindi di assorbire la pressione dell'aria, permette di ridurre notevolmente l'effetto di questa componente del rumore e di produrre pavimentazioni più silenziose.

La accennata versatilità dell'asfalto permette anche altre soluzioni per abbattere il rumore, come quella di impiegare bitumi modificati con gomma o di aggiungere la gomma degli pneumatici usurati direttamente al conglomerato bituminoso. Ciò offre il doppio vantaggio di assorbire il rumore (e le vibrazioni) e di contribuire al riciclaggio dei copertoni usati.

Il manto asfaltico è tradizionalmente grigio, con tonalità che possono essere variate fino a toni molto chiari, giocando sul tipo di inerti, di manto superficiale ed eventualmente di pigmenti.

Altre tecniche permettono di migliorare la riflessione della luce. Le moderne tecnologie permettono comunque di applicare anche asfalti di qualsivoglia colore, ad esempio per piazze o vie di città storiche, o per distinguere piste ciclabili e pedonali; si introduce così un ulteriore elemento di sicurezza e si contribuisce a migliorare l'arredo

urbano con applicazioni realizzate velocemente ed economicamente, rispetto all'uso di materiali lapidei più costosi (e rumorosi).

L'asfalto stradale contiene circa il 5% di legante bituminoso fillerizzato, quantità che risulta molto minore in superficie, dopo la compattazione e l'abrasione iniziale del traffico. Tale legante non è di per sé (cioè se fosse l'unico costituente del manto stradale) infiammabile, se non tenuto ad altissime temperature (superiori a 500-600 °C) e in eccesso di aria, per periodi molto lunghi. Il conglomerato di superficie, quindi, non può bruciare neppure nelle condizioni più critiche, in quanto il legante esposto è in quantità trascurabili: può al massimo rammollire se sottoposto per ore a temperature molto elevate e in ambienti chiusi. Qualora si verificasse una situazione del genere in ambienti confinati (esempio incidente e conseguente incendio in una galleria) ciò avverrebbe solo dopo che tutto il resto (veicoli intrappolati, arredi, ecc.) già da tempo è andato distrutto.

Una pavimentazione asfaltica viene aperta al traffico quasi immediatamente dopo la posa e la rullatura; quella cementizia deve attendere il necessario periodo di stagionatura (presa e indurimento) e di trattamento successivo della superficie. Anche questo ha un suo impatto sociale.

2.2 Sostenibilità ambientale

2.2.1 Valutazione del ciclo di vita

Negli ultimi anni, sia i consumatori che pubbliche Amministrazioni e Governi chiedono sempre più informazioni circa la sostenibilità dei prodotti che usano e sono interessati a confrontare su basi scientifiche le diverse possibili soluzioni.

La valutazione del ciclo di vita (in inglese, *Life Cycle Assessment* o LCA) riguarda soprattutto la sostenibilità ambientale dei diversi materiali, e quindi anche quella delle pavimentazioni, durante l'intero ciclo del loro utilizzo (*from cradle to grave*, ovvero dalla culla alla tomba). Originato dagli studi in campo energetico già alla fine degli anni 1960, LCA è oggi uno strumento estesamente utilizzato per le valutazioni dell'impatto ambientale. Nel caso più generale LCA valuta tutte le risorse e gli *input* (materie prime, combustibili, elettricità, acqua, ecc.) necessari ad un dato sistema e tutte le relative emissioni (areiformi, liquide e solide).

Copre quindi l'intero sistema prodotto, a partire dall'acquisizione della materia prima, al trasporto, all'uso e manutenzione, al riciclo e smaltimenti finali. Lo scopo, le prospettive e l'analisi delle voci che concorrono alla valutazione vengono di solito definiti come "*Life Cycle Inventory*" o Inventario del Ciclo di Vita (LCI).

Sia negli USA che in Europa sono stati sviluppati vari sistemi LCA dedicati all'impatto ambientale associato a diversi tipi di pavimentazioni; ne citiamo alcuni:

- ▶ LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) del Green Building Council USA è probabilmente il più vecchio; focalizzato sugli edifici, tratta però anche le pavimentazioni dei parcheggi.
- ▶ Green roads, sviluppato da CH2M Hill e dalla Università di Washington, riguarda le buone pratiche per la scelta verde di tecnologie e materiali.
- ▶ BEES (*Building for Environmental and Economic Sustainability*) è offerto online dall'Istituto USA di Standards and Technology e dedicato a varie tecnologie per i parcheggi.
- ▶ INVEST, introdotto dalla *Federal Highway Administration* USA (FHWA) per le autostrade.
- ▶ Eurobitume ed EAPA hanno, in Europa, messo a punto sistemi LCA per bitume e asfalto, sulla base delle ISO 1440 e 14044.

Una caratteristica comune ai programmi USA è quella di basarsi sui concetti di *riduzione* del consumo di materie prime e di energia, di *riutilizzo* (per diminuire la domanda di materie prime) e di *riciclo*.

I dati per l'analisi ambientale sono forniti da Istituti e Agenzie specializzate, come ad esempio Eurobitume ed EAPA per bitume e asfalto, Athena, Canadian Cement Association, Swedish Environment Institute, per cemento e acciaio, ecc.

Va detto che molte linee guida, come ad esempio le citate ISO, hanno un carattere generale e lasciano all'analista ampia libertà di stabilire i limiti dell'analisi.

Un articolo pubblicato sul numero 38/01 della Rassegna del Bitume già trattava questi aspetti, con riferimento al bitume e alle pavimentazioni asfaltiche, così come altri due articoli dal titolo "Eco-profilo dell'asfalto" e "*Life Cycle Assessment*" comparsi sul numero 58/08. In tali articoli già erano stati analizzati gli impatti ambientali ed energetici relativi a produzione e uso del bitu-

» LE PAVIMENTAZIONI STRADALI IN ASFALTO: CONFORTEVOLI, SOSTENIBILI E INSOSTUIBILI

me da petrolio e del conglomerato bituminoso. Oggi la maggior parte dei sistemi LCA si riferisce ai gas serra, direttamente o indirettamente emessi durante la fabbricazione di un prodotto (*carbon footprint*).

Il bitume di uso attuale è un co-prodotto originato dalla raffinazione del petrolio; è quindi necessario, per valutare l'impatto del ciclo di vita, ripartire tra bitume e altri prodotti gli input della catena di produzione.

A livello Europeo, Eurobitume e Concawe avevano fatto una prima valutazione ambientale circa la produzione del bitume (Eurobitume Report 99/2007, maggio 1999). Le stime sul conglomerato erano state fatte da C. Giavarini (Rassegna 58/08).

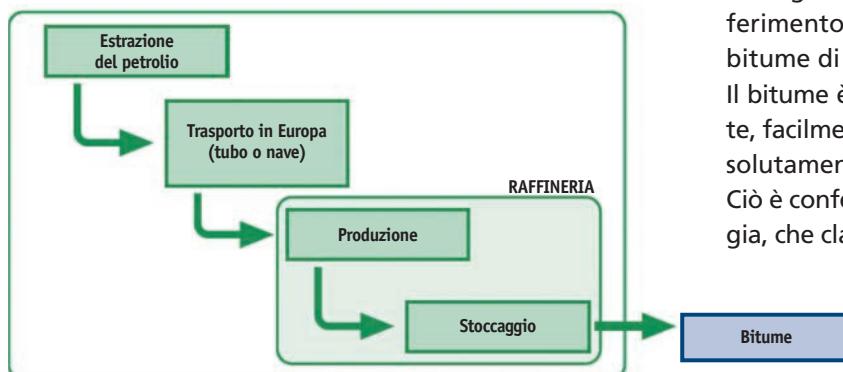


Fig. 1 Fasi della produzione del bitume convenzionale, a partire dall'estrazione del petrolio

Nel 2011 Eurobitume ha perfezionato e aggiornato il suo LCI sul bitume (ISBN 2-930160-16-0), conformemente alle ISO 14400 e 14044 e sulla base delle più recenti informazioni relative alla produzione del petrolio e alla sua raffinazione.

Il report Eurobitume è stato revisionato da referee indipendenti. Le basi per la valutazione del ciclo di vita si basano sulla catena di produzione del bitume, dall'estrazione del grezzo fino alla raffineria (Fig. 1) e sulle lavorazioni subite in raffineria (Fig. 2).

Secondo le rilevazioni Eurobitume, i consumi energetici relativi alla produzione del bitume sono mediamente pari a circa 4,7 MJ/t, mentre le emissioni di CO₂ sono 228 kg/t. Tali dati si riducono alla metà circa se si fa riferimento a un bitume naturale (C. Giavarini "LCA del bitume di Selenizza", Rassegna del Bitume 72/12).

Il bitume è un materiale (da costruzione) completamente, facilmente e indefinitamente riciclabile e non può assolutamente essere considerato come un combustibile. Ciò è confermato anche dal Dipartimento USA dell'energia, che classifica il carbonio contenuto nel bitume come *sequestrato* e cioè non suscettibile di essere rilasciato come biossido di carbonio. In realtà il carbonio contenuto nel bitume non verrà mai rilasciato sotto forma di CO₂. E' quindi completamente fuorviante la

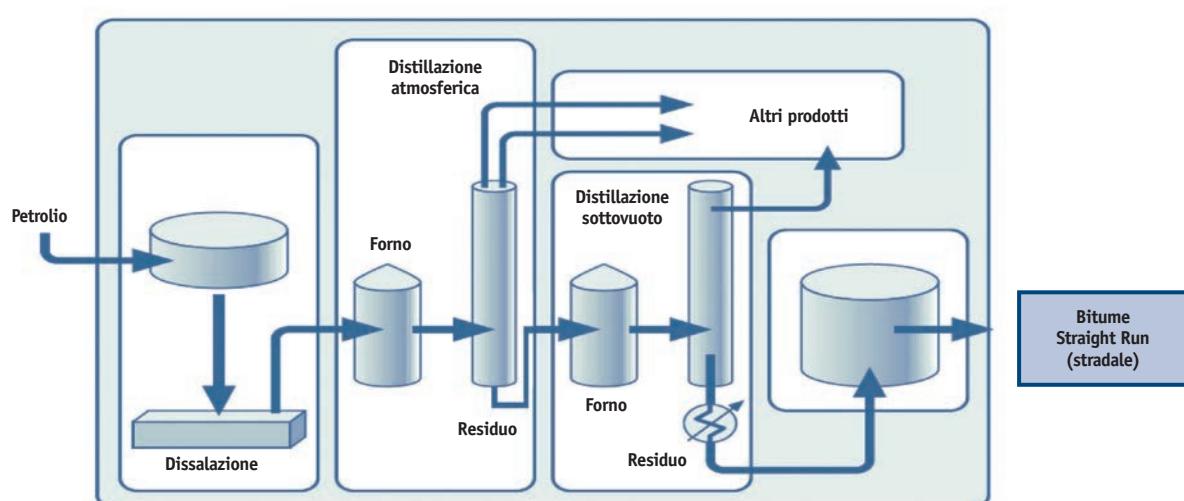


Fig. 2 Produzione di bitume SR in raffineria

tesi delle Associazioni di produttori di cemento (vedi ad esempio Report AITEC 2009 "Pavimentazioni stradali in calcestruzzo") che pretende di penalizzare il bitume delle pavimentazioni calcolando le emissioni di CO₂ come se la pavimentazione venisse bruciata alla fine del suo ciclo di vita.

Vediamo ora come è la situazione per il cemento; esso viene prodotto a partire da calcare (carbonato di calcio) e da argilla, secondo lo schema di **Fig. 3** e la reazione seguente:



Cento grammi di carbonato di calcio emettono 40 grammi di CO₂. Ad essi va aggiunta la CO₂ emessa dai combustibili necessari per mantenere la richiesta temperatura di circa 1450 °C. Trattasi in genere di combustibili pesanti ad alto tenore di carbonio: olio combustibile, oli e coperti usati, ecc.

Va poi considerata l'elevata energia necessaria per la macinazione. In effetti l'industria del cemento è il terzo pro-

duttore di gas serra degli USA, dove è stato calcolato che una tonnellata di cemento Portland produce una t di CO₂. Più cautelativi i dati dell'industria canadese del cemento, che danno 730 kg di CO₂ per tonnellata di cemento (Cement Industry of Canada: "Cement industry sustainability report 2010"). Al confronto, la produzione di gas serra del sistema bitume-conglomerato è decisamente minore.

In proposito sono stati effettuati molti studi che hanno i necessari (e documentati) requisiti di serietà.

Le **Fig. 4 e 5** si riferiscono ad uno studio franco-canadese pubblicato su European Roads Review (n. 11, autunno 2007, autori P. T. Dorchies, M. Chappat, J. Bilal) e riguardano rispettivamente la emissione di gas serra (GHG) e i consumi energetici per la produzione di una tonnellata di materiale posato in opera.

Sulla sinistra sono riportati vari tipi di miscele asfaltiche, sulla destra miscele asfaltiche contenenti RAP (asfalto riciclato), mentre al centro le due barre più alte si riferiscono a una pavimentazione cementizia senza e con armatura in acciaio, ovvero discontinua e continua, rispettivamente.

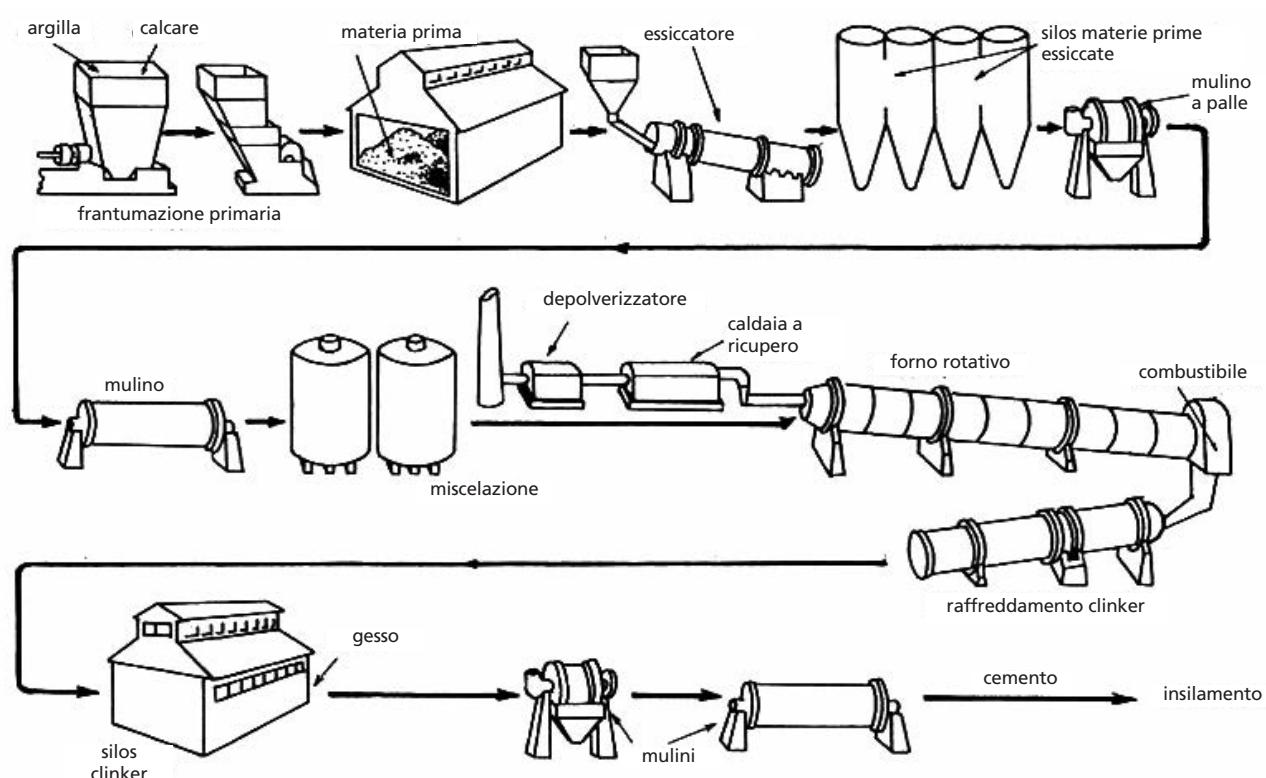


Fig. 3 Schema di produzione del cemento

» LE PAVIMENTAZIONI STRADALI IN ASFALTO: CONFORTEVOLI, SOSTENIBILI E INSOSTENIBILI

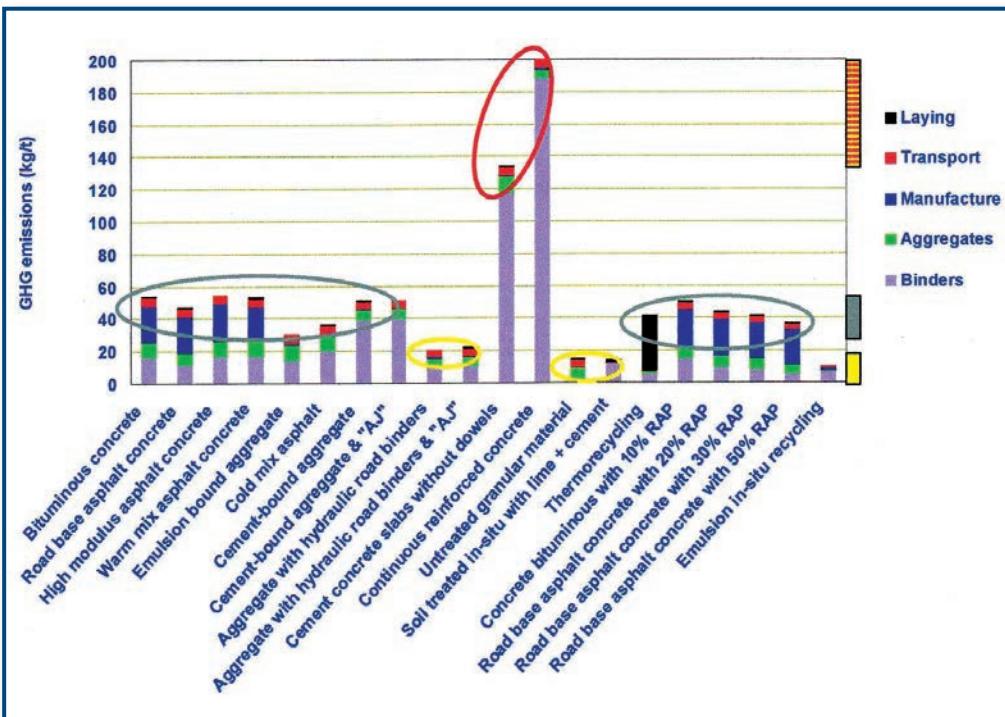


Fig. 4 Emissioni di gas serra per tonnellata di materiale posato in opera
P. T. Dorchies et Al.

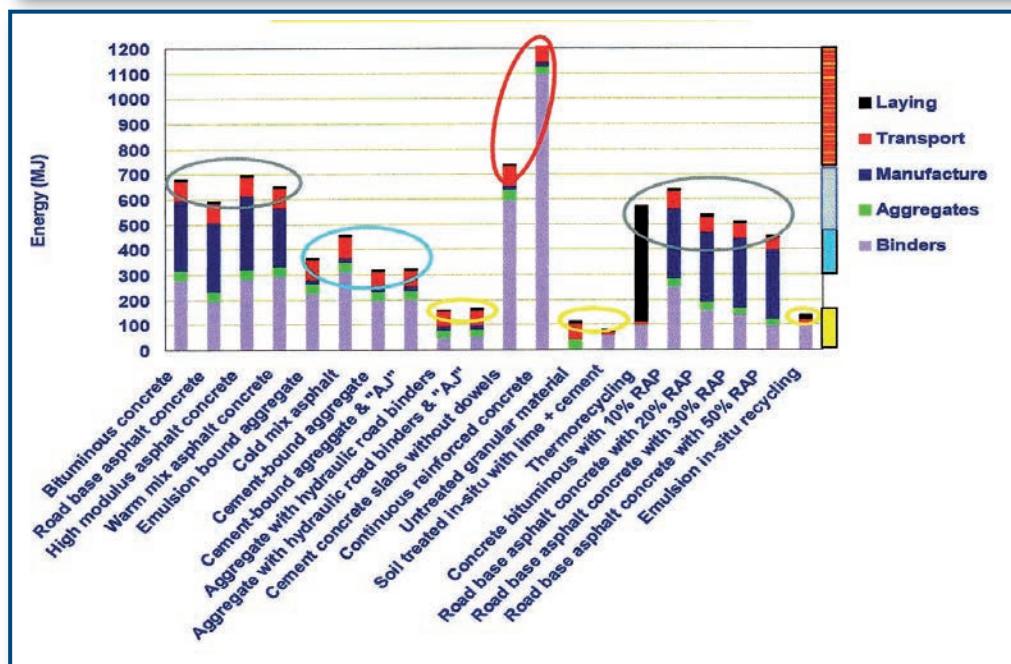


Fig. 5 Consumi energetici per tonnellata di materiale posato in opera
P. T. Dorchies et Al.

I due grafici si commentano da soli: le pavimentazioni cementizie *primeggiano* in entrambi i casi, sia per emissioni di gas serra che per consumi energetici. Tra le pavimentazione asfaltiche le più avvantaggiate sono quelle

realizzate a freddo (con emulsione di bitume) e con componenti di riciclo. Questi dati non si discostano molto da quelli riportati nella citata Rassegna del Bitume 58/08, che danno per

il conglomerato finito valori energetici di 563 MJ/kg ed emissioni di CO₂ di quasi 41 Kg/m³ (ridotti a 31 kg/m³ per i conglomerati *tiepidi*, oggi in uso). Da notare che tali dati non comprendono la messa in opera.

Molto interessante lo studio fatto in Australia da VicRoads

Tab. 1 Valori equivalenti per la conversione delle emissioni di CO₂

Materiale	Emissione di CO ₂ (t/t)
Pavimentazione asfaltica (5% bitume)	0,0103
Inerti macinati, vagliati e lavati	0,0080
Drenante aperto	0,0090
Pavimentazione in cemento (32 MPa)	0,1073

e cioè dalla Agenzia Governativa che sovrintende alle strade e al traffico nello stato di Victoria; essa ha sviluppato un metodo di analisi e confronto dei valori equivalenti per alcuni materiali impiegati in campo stradale. I valori equivalenti di conversione sono riportati nella **Tab. 1** e confermano ampliamente quanto detto sopra.

Sulla base di questi dati, in Ontario (Canada) si è cal-

colato che la CO₂ emessa per la costruzione di un km di autostrada è 347 t per l'asfalto e ben 1.497 t per il conglomerato cementizio, partendo da materiali vergini (A. Brown "Carbon footprint of HMA and PCC pavements". Proc. Int. Conf. on Perpetual Pavements, Columbus, Ohio, 2009).

Un calcolo analogo, fatto utilizzando il programma BEES del National Institute of Standards and Technologies (USA), ha dato i risultati riportati in **Fig. 6**. Anche con il 20% di ceneri volanti di recupero nel cemento, la pavimentazione asfaltica risulta grandemente avvantaggiata.

Negli ultimi decenni si sono sviluppate tecniche cosiddette a *freddo* o *tiepide* che riducono ulteriormente e sensibilmente i consumi e le emissioni; alcune delle figure sopra riportate ne tengono conto.

In conclusione, seppur con le inevitabili differenze dovute ai diversi sistemi usati per il calcolo e ai diversi riferimenti, i risultati confermano sempre il grande vantaggio energetico e di emissioni delle pavimentazioni asfaltiche, rispetto a quelle cementizie.

2.2.2 Riciclaggio delle pavimentazioni

Come sopra detto, le tre "erre" di *riduci*, *riutilizza* e *ricicla* sono alla base della eco-sostenibilità.

In America l'asfalto è il prodotto più riutilizzato e riciclato. Il manto asfaltico può essere facilmente e completamente riutilizzato e riciclato anche in situ, con piccole correzioni della miscela ed eventuale aggiunta di modestissime quantità di agenti ringiovanenti.

In alternativa, il manto fresato (RAP, *reclaimed asphalt pavement*) può essere aggiunto al conglomerato fresco durante la produzione in impianto. Così facendo si riduce (terza "erre") il consumo di materie prime e di energia; nel riciclaggio in situ ➤

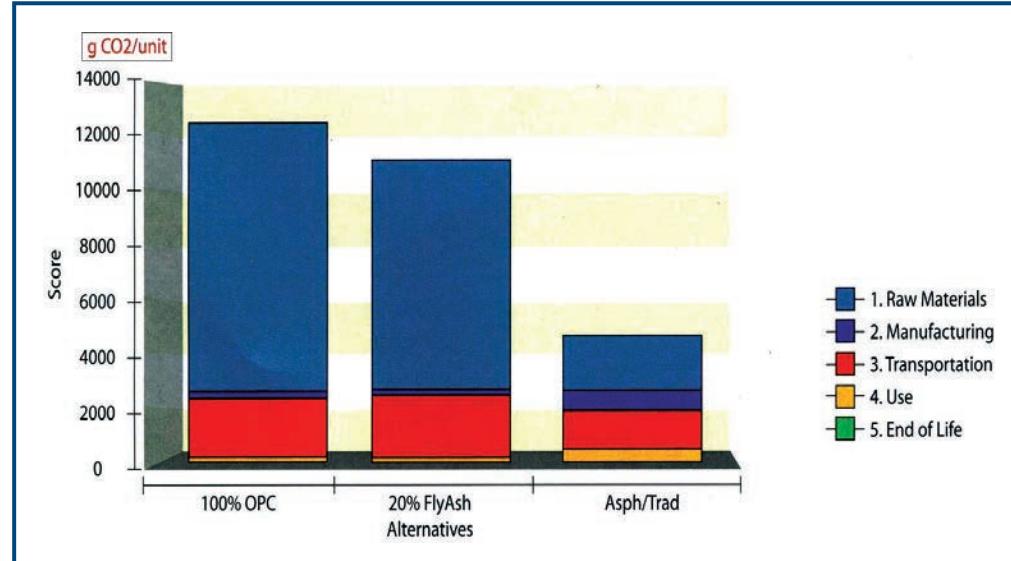


Fig. 6 Calcolo delle emissioni di CO₂ fatto mediante il programma BEES del NIST, per pavimentazioni equivalenti in asfalto, cemento (OPC) e cemento con ceneri volanti

» LE PAVIMENTAZIONI STRADALI IN ASFALTO: CONFORTEVOLI, SOSTENIBILI E INSOSTUIBILI

(spesso fatto a freddo) si eliminano anche gli oneri del trasporto.

Il riciclaggio del calcestruzzo richiede la demolizione del manto (più complessa se c'è una armatura metallica), la sua frantumazione, vagliatura e trattamento. Il reimpiego è subordinato a verifiche di idoneità chimica, fisica e meccanica; non va dimenticato che il cemento è un materiale decisamente basico, per la presenza della calce di idrolisi. In Germania il calcestruzzo demolito per problemi di durabilità (reazione alcali-silice) non può essere impiegato nelle lastre, ma solo come sottofondo. In ogni caso il reimpiego del materiale trattato va previsto normalmente nei nuovi strati non superficiali di pavimentazione.

Contrariamente al bitume, che mantiene le sue funzioni di legante anche nel RAP o nel riciclaggio in situ, il materiale ottenuto dalla pavimentazione cementizia può essere riutilizzato solo come inerte; deve quindi essere di nuovo addizionato della necessaria quantità di cemento legante (circa 300 kg/t).

In conclusione, quando si costruisce una pavimentazione asfaltica, completamente e facilmente rigenerabile, è come mettere bitume e aggregati in una banca, a beneficio delle generazioni future.

2.2.3 Utilizzo di materiali di scarto

Molti sono i materiali che possono essere riciclati e reimpiegati in una pavimentazione asfaltica, soprattutto nel sottofondo e negli strati di base. Per tutti citiamo la gomma proveniente dagli pneumatici fuori uso: come detto, essa può essere sia miscelata preventivamente al bitume, sia aggiunta direttamente al conglomerato. È questo un reimpiego nobile della gomma, che contribuisce al suo smaltimento e migliora la fono-assorbienza e altre caratteristiche del manto stradale.

2.2.4 Riduzione delle emissioni gassose

L'utilizzo delle tecniche a freddo (emulsioni e schiume di bitume), alternative a quelle a caldo, annulla praticamente l'emissione di gas inquinanti e ad effetto serra. Anche le tecniche tradizionali a caldo si stanno però trasformando in processi cosiddetti *tiepidi*, in quanto le temperature di produzione e stesa si sono abbassate di 30-50 °C, con drastica riduzione di emissioni di

qualsiasi tipo e dell'energia spesa. Negli USA oltre il 30% dei conglomerati bituminosi vengono prodotti con processi *tiepidi* nati, occorre ricordarlo, in Europa.

2.2.5 Effetti sul riscaldamento urbano

Una asserzione interessata, fatta da alcuni, sostiene che le pavimentazioni asfaltiche, essendo spesso di colore più scuro rispetto ad altre (anche se ciò non è sempre vero), riflettono meno la luce e incamerano più calore, per poi rilasciarlo nottetempo. Se è vero che i tetti con colori chiari riflettono meglio luce e calore, questa asserzione non può essere traslata *tout court* ad una pavimentazione dove vari altri fattori influenzano la temperatura di superficie. Le pavimentazioni con spessori maggiori, siano esse cementizie o asfaltiche, hanno più alte temperature superficiali rispetto a quelle più sottili. Le pavimentazioni porose a tessitura superficiale aperta (drenanti, fonoassorbenti) presentano superfici più fredde rispetto alle altre.

Anche se posato su una pavimentazione cementizia, uno strato asfaltico drenante (poroso) riduce la temperatura di tutta la struttura. In ogni caso la temperatura di superficie ha un effetto minimo sull'ambiente circostante, come può essere confermato da misure dirette e non tramite modelli grossolani.

2.2.6 Correlazioni tra tipo di pavimentazione e consumi di carburante

Negli ultimi anni sono stati fatti numerosi studi per cercare di correlare il consumo di carburante con le caratteristiche della pavimentazione, anche se il loro ruolo è secondario rispetto ad altri fattori, legati al tipo e pressione degli pneumatici e alle condizioni di guida.

Le principali proprietà di una pavimentazione chiamate in causa sono la *rigidità*, la *scabrosità* e la *tessitura superficiale*. Un recente studio della Università americana di Auburn (J. R. Willis, R. Jackson "Major new study proves it: smooth pavements save fuel" HMA Technology, Sept/Oct. 2011, 27-29) ha revisionato e sintetizzato oltre 20 report di ricerche precedenti. La conclusione è stata che in una pavimentazione le principali responsabili dei consumi sono la rugosità e la tessitura superficiale, in quanto influenzano la resistenza al rotolamento e l'economia di combustibile; una quantificazione di questi effetti è stata fatta da I.

Scandenberg ("Surface characteristics of Roadways: International research and technology" ASTM Stp1031, Philadelphia, 1990).

La relativa rigidità della pavimentazione ha un effetto trascurabile, soprattutto se confrontata con la deformazione degli pneumatici. Una certa rugosità è comunque necessaria per assicurare l'aderenza; al contrario delle pavimentazioni in asfalto, quelle in calcestruzzo vengono trattate mediante spazzolatura o striatura per migliorare l'aderenza, aumentando la rugosità (AITEC "Pavimentazioni stradali in calcestruzzo", 2009).

In genere, comunque, uno strato di ricoprimento in conglomerato bituminoso è sempre consigliabile anche su basi cementizie.

L'estensione di questo capitolo (peraltro non esaustivo) sulla sostenibilità ambientale delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso testimonia lo sforzo fatto negli ultimi decenni dall'industria dell'asfalto per diventare sempre più verde, attraverso il riutilizzo dei materiali, la riduzione dei consumi e delle emissioni inquinanti.

2.3 Sostenibilità economica

Il discorso sulla sostenibilità economica è necessariamente legato alla durabilità e manutenzione di una pavimentazione. Una pavimentazione asfaltica di vecchio tipo, se ben fatta, è in grado di durare quanto e più di una pavimentazione in cemento.

Le moderne pavimentazioni asfaltiche cosiddette *perpetue o long lasting* (C. Giavarini "Le pavimentazioni perpetue" Le Strade, gennaio/febbraio 2012; M. Moramarco "La progettazione della pavimentazione perpetua, Rassegna del bitume 72/12) garantiscono una durata di almeno 50 anni, pur con spessori ridotti.

Il grande problema delle strade in calcestruzzo è la loro demolizione a fine ciclo di vita, soprattutto se sono armate.

Mentre infatti per l'asfalto il processo è molto semplice, potendo addirittura fare un completo e rapido riciclo in situ (anche limitato al solo strato superficiale), per le pavimentazioni in cemento il processo è molto più impegnativo e deve riguardare tutto lo spessore; senza contare poi lo smaltimento e trattamento del materiale di risulta.

Molto spesso si preferisce ricoprire le pavimentazioni ammalorate con uno strato di conglomerato bituminoso, opportunamente applicato per evitare la propagazione in superficie delle fessure riflesse (C. Giavarini "L'asfalto aiuta il cemento" Rassegna del bitume, 65/10).

Questa tecnica, nota sotto il nome di *rubbilizing* è estesamente applicata negli Stati Uniti, nei Paesi scandinavi e dovunque furono costruite strade in cemento; essa è stata impiegata anche sulle vecchie pavimentazioni aeroportuali militari italiane negli anni '80 e '90 del secolo scorso (SITEB "Le pavimentazioni aeroportuali" Atti del Convegno 30.11.2000).

La città di Parigi ha rinnovato le vecchie strade in cemento, ricoprendole con asfalto; si è così ripristinata l'impermeabilità e aumentato il confort di guida, in modo decisamente più economico rispetto alla loro demolizione e rifacimento, come affermato dall'allora responsabile del Dipartimento stradale (C. Leroy "Asphalt: an economic way of renovating old concrete roads". European Roads Review, Spring, 12, 23, 2008).

Per confrontare gli oneri di manutenzione è necessario riferirsi alla programmazione manutentiva predisposta da noti Enti internazionali per i vari tipi di pavimentazioni, come ad esempio: "Conception et dimensionnement des structures des chaussées" LCPC-Setra, dicembre 1994; "Highway design manual", Cap.605.3 LCCA, Dip. Trasporti California.

In generale queste Agenzie programmano una prima manutenzione dei nuovi manti asfaltici ogni 8-10 anni e un ricoprimento superficiale ogni 15 anni.

Per le pavimentazioni rigide è prevista una ricostruzione o la stesa di uno strato di rinforzo ogni 28 anni. Sulla base di questi dati e riferendosi ad un periodo di 30 anni, è stato calcolato il consumo energetico (correlato al costo per costruzione e manutenzione); esso è pari a 161 MJ/m² per le pavimentazioni flessibili e a 195 MJ/m² per le rigide (P. T. Dorchies, M. Chappat, J. Bilal "The environmental road of the future: analysis of energy consumision and greenhouse gas emissions" European Roads Review, n. 11, autunno 2007, p. 41-46).

Relativamente ai costi di costruzione, il Dipartimento dei Trasporti dello Stato di Washington ha fatto un ➤

» LE PAVIMENTAZIONI STRADALI IN ASFALTO: CONFORTEVOLI, SOSTENIBILI E INSOSTUIBILI

confronto tra i prezzi delle pavimentazioni in cemento e in asfalto relativi agli anni 2007 e 2008. In quel periodo, il costo medio delle prime è stato di 236,27 \$/m² contro 140,65 \$/m² di quelle in asfalto.

Molto interessante e preciso è un documento del Direttore della manutenzione stradale del Cantone Aargau, in Svizzera (H. Otto "Analyse du cout de la maintenance pour les routes en béton et en enrobés bitumineux" Route et trafic, n. 2, 1995). In esso sono scrupolosamente dettagliati i costi di manutenzione delle pavimentazioni di sua pertinenza. In tutti i casi i costi di manutenzione delle strade in asfalto sono stati inferiori; nel caso di una arteria (N1) sono stati addirittura tre volte inferiori. Va quindi assolutamente sfataata la presunzione che le strade in cemento abbiano minori costi di manutenzione.

2.4 La vitalità delle pavimentazioni asfaltiche

Negli ultimi venti-trenta anni le pavimentazioni asfaltiche hanno mostrato una forte capacità di innovazione e versatilità, adeguandosi a tutte le esigenze di un mondo in continua evoluzione.

Tra il 1970 e il 2000 l'industria dell'asfalto è stata in grado di ridurre del 97% le proprie emissioni. Sono state inventate e si sono diffuse le pavimentazioni drenanti e fonoassorbenti, con grandi benefici per la sicurezza e per l'ambiente. Le tecniche di riciclaggio hanno raggiunto alti livelli di efficienza. Sono state sviluppate tecniche a freddo e tiepide, eliminando fumi e odori, oltre a far risparmiare energia. L'ultima frontiera sono le pavimentazioni perpetue, ovvero a lunghissima durata, che riducono ancor più i costi di una pavimentazione, soprattutto quando riferiti al lungo periodo.



„Palpito dell’industria“

„Lignite nell’industria“



L’alternativa energetica „lignite energy“.

„lignite energy“ è un combustibile industriale di valore superiore. Essiccata e macinata, la lignite grezza viene nobilitata a combustibile polverizzato.

Energia da lignite. Ha capacità di scorrimento analoghe a quelle di gas e petrolio.

„lignite energy“, indipendente dai mercati internazionali dell’energia, è disponibile nel tempo, l’estrazione di lignite garantita per decenni. Un’energia che ha futuro. Sicurezza di fornitura per gli anni a venire.



Agenzia Carboni s.r.l.; I-16145 Genoa;
Phone +39 010 3622918; www.agenziacarboni.com





COSTRUZIONI GENERALI

impresa bacchi s.r.l.

la sfida della strada green

Coverlite®
trattamento fotocatalitico antismog

Coverfull®
pavimentazioni ad elevata resistenza

Coverspy®
pavimentazioni con sistemi intelligenti

Via D.G. Dossetti, 19
20080 Carpiano (MI)
tel. +39 02 9850911
www.impresabacchi.it



Riutilizzo di
materiale in situ



Riduzione
dell'impatto
ambientale



Risparmio di fonti
non rinnovabili



Riduzione delle
emissioni



Aumento della vita
utile e della
sicurezza



Aumento dell'albedo
e riduzione della
temperatura



Riciclaggio dei
materiali



Miglior utilizzo delle
risorse finanziarie