

# CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DELLE PAVIMENTAZIONI E RUMORE

## APPLICAZIONI CON TECNOLOGIE AD ALTO RENDIMENTO

Il costante monitoraggio di una pavimentazione è un'azione fondamentale per valutarne lo stato di degrado e pianificare i necessari interventi di manutenzione nel tempo.

I parametri rappresentativi delle caratteristiche funzionali e strutturali della pavimentazione, grazie al continuo progresso tecnologico, possono essere oggi determinati in velocità di traffico con sistemi ad alto rendimento, che forniscono un gran numero di informazioni approfondite e precise, ad elevatissima frequenza senza interferire con l'esercizio dell'infrastruttura.

Lo sviluppo di sistemi di misura così complessi offre l'opportunità di ricercare, in aggiunta a proprietà fondamentali per la sicurezza degli utenti fra cui l'aderenza, la regolarità longitudinale e trasversale e l'insieme dei difetti in superficie (fessure, buche, depressioni, ecc.), anche altre caratteristiche più strettamente connesse all'utilizzo dell'infrastruttura. In questo ambito, si inserisce il presente contributo, teso a focalizzare l'attenzione su un tema di grande attualità in primis nei Comitati Tecnici e negli Organi di normazione della Comunità Europea: la caratterizzazione delle pavimentazioni per effetto anche della valutazione del loro livello di comfort acustico.

Si desidera porre l'attenzione, in particolare, sulla possibilità di impiegare i sistemi ad alto rendimento per analizzare specificatamente la componente di rumore prodotta dal rotolamento degli pneumatici sulla superficie della pavimentazione.

## LA CERTIFICAZIONE DI QUALITÀ DELLE PAVIMENTAZIONI

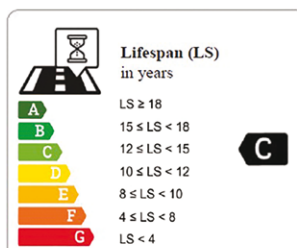
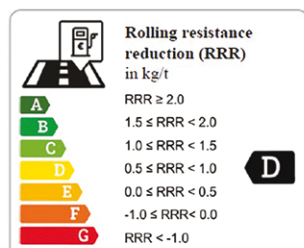
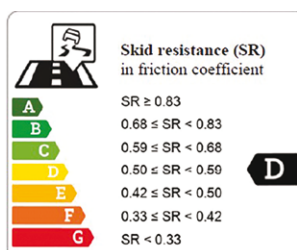
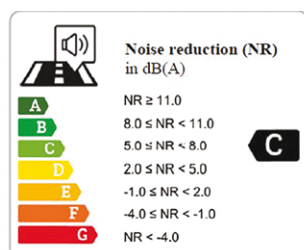
Il corretto processo di manutenzione di una pavimentazione stradale persegue l'obiettivo di disporre, già in fase di progettazione e nelle successive fasi di esercizio, di una funzionalità ottimale in termini di portanza, rugosità, regolarità e rumorosità. Del resto, anche alcuni recenti orientamenti normativi riconoscono l'importanza di conoscere l'influenza della superficie della pavimentazione stradale sulla pressione sonora prodotta dal contatto per rotolamento, ai fini di una caratterizzazione qualitativa della strada.

A tale riguardo, una risoluzione adottata nella 69° sessione del Working Party on Noise tenutosi a Ginevra nel 2019 nell'ambito del World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations ha individuato le seguenti quattro macrocategorie per collocare

il livello prestazionale della superficie di una pavimentazione all'interno di una scala di rating di riferimento:

- impatto ambientale (rumore per rotolamento);
- sicurezza (aderenza in condizioni bagnate);
- efficienza (resistenza al rotolamento);
- vita di servizio (durabilità).

La classificazione proposta con riferimento a ciascuna macrocategoria (Figura 1) è univocamente definita e varia da A (top) a G (bottom), è valida su pavimentazioni nuove e si riferisce a misure realizzate in condizioni operative standardizzate.



1. L'etichettatura delle pavimentazioni stradali e autostradali

## IL CONTRIBUTO PORTATO DALLE PAVIMENTAZIONI AL LIVELLO DI RUMORE PERCEPTO

La Comunità Internazionale riconosce il rumore come uno dei maggiori problemi ambientali. Oggi, dunque, è accettato il fatto che determinati livelli di rumore possono nuocere alla salute umana e tale consapevolezza è stata maturata non soltanto a livello normativo (Figura 2).

L'emissione acustica di interesse in campo stradale, che per velocità maggiori di 40+50 km/ora diventa preponderante rispetto ad altri fattori, è il rumore da rotolamento che consegue all'interazione fra veicolo e infrastruttura esplicata attraverso il contatto dinamico pneumatico-pavimentazione. I parametri che concorrono alla generazione di questo fenomeno dipendono dalle caratteristiche di esercizio della strada, dai materiali che ne costituiscono la superficie, dalle condizioni di traffico, dai veicoli in transito e dalle condizioni al contorno e ambientali (p.e. presenza di pioggia).

Focalizzando l'attenzione sui contributi portati dalla sola pavimentazione, molte ricerche hanno evidenziato che il conglomerato bituminoso appena steso risulta quello di minor rumorosità, e che con il trascorrere del tempo tale caratteristica evolve parallelamente al degrado della superficie di rotolamento. In ultimo, il livello di rumore percepito su una strada deteriorata può allinearsi, nel caso in cui gli interventi di ripristino dei manti superficiali siano fortemente dilazionati nel tempo e anche localizzati all'interno della carreggiata (c.d. rattoppi), a quello identificabile in strade realizzate con soli materiali lapidei (strade bianche, sanpietrini, ciottolati).

Pertanto, è importante che le caratteristiche di tessitura della pavimentazione siano governate.

La Norma ISO 13473-1 riporta una classificazione della tessitura in funzione dei domini di pertinenza delle lunghezze d'onda caratteristiche, fornendo anche un'indicazione delle ampiezze connesse a tali domini. In base a ciò, la tessitura è così classificata:

- microtessitura per  $\lambda_{pv} < 0,5$  mm e ampiezze comprese tra 1  $\mu$ m e 0,2 mm;
- macrotessitura per  $0,5$  mm  $< \lambda_{pv} < 50$  mm e ampiezze tra 0,2 mm e 2 mm;
- megatessitura per  $50$  mm  $< \lambda_{pv} < 0,5$  m;
- irregolarità per  $\lambda_{pv} > 0,5$  m.

Il rumore dovuto alla dinamica del rotolamento degli pneumatici dei veicoli sulla pavimentazione, essendo associato anche ai distress superficiali (stati fessurativi, buche, pickouts, alterazioni della macrotessitura in genere),

deriva dai contributi prodotti da differenti meccanismi:

- air pumping;
- stick-slip;
- flusso aerodinamico dello pneumatico;
- vibrazioni.

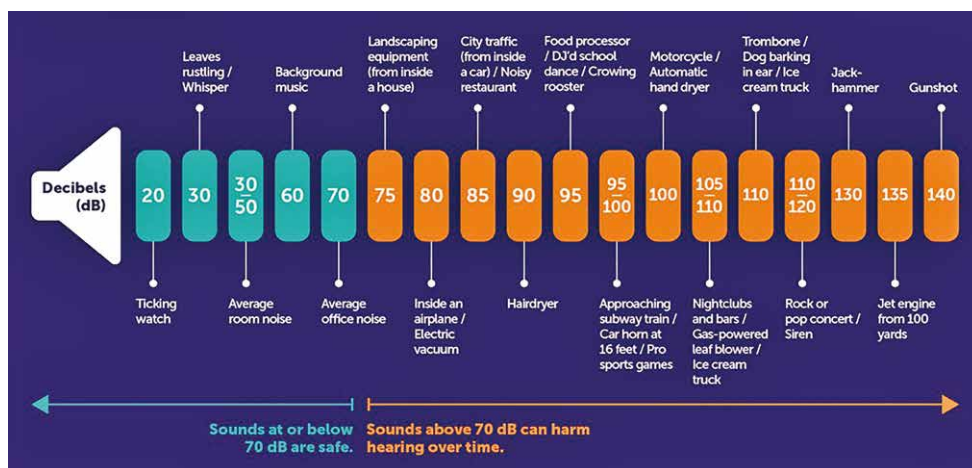
Di questi sono particolarmente significativi il rumore da air pumping, generato dalle vibrazioni delle masse d'aria attorno allo pneumatico, e il rumore da vibrazioni, conseguenza diretta della deformabilità dello pneumatico e delle sue dimensioni. L'entità della macrotessitura della superficie della pavimentazione influisce in maniera preponderante sulla generazione del rumore da rotolamento nel suo complesso.

## UN METODO EMPIRICO PER LA DESCRIZIONE DEL FENOMENO CON MISURE DERIVANTI DA SISTEMI AD ALTO RENDIMENTO

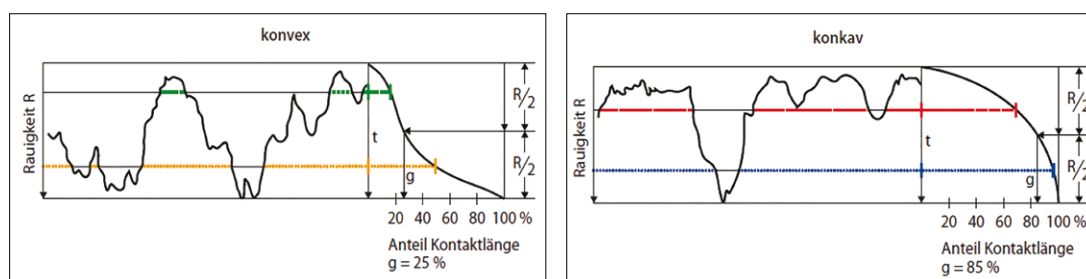
Secondo alcuni studi, la tessitura della pavimentazione può condizionare il livello di rumore intrinseco della stessa per il fatto di essere positiva o negativa.

Nello specifico, una ricerca proposta da una Società di ingegneria tedesca specializzata in misurazioni nei settori dell'acustica, della fisica e della protezione ambientale ha evidenziato come la correlazione fra la tessitura della superficie della pavimentazione e il rumore percepito possa essere descritta analiticamente attraverso una funzione di correlazione.

In base a quanto ipotizzato nell'ambito di questa esperienza, una tessitura convessa corrisponderebbe a una strada rumorosa mentre una tessitura concava rappresenterebbe una strada silenziosa.



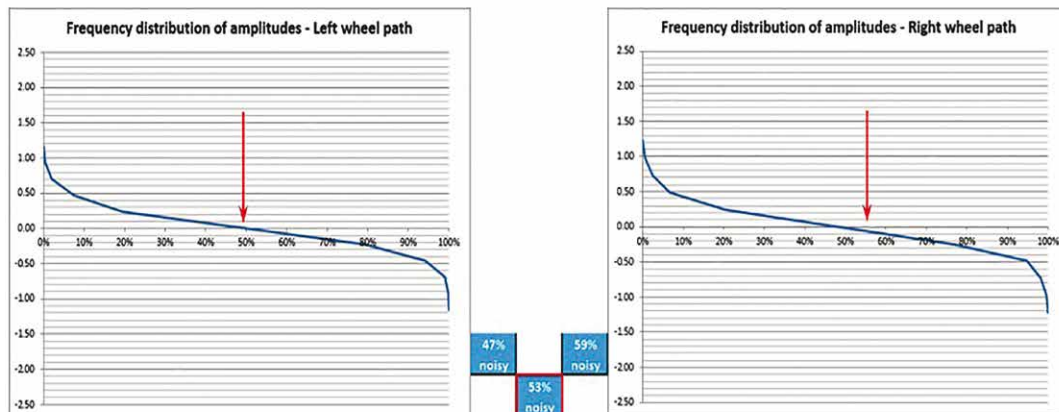
2. La catalogazione delle fonti di rumore proposta dal U.S. CDC



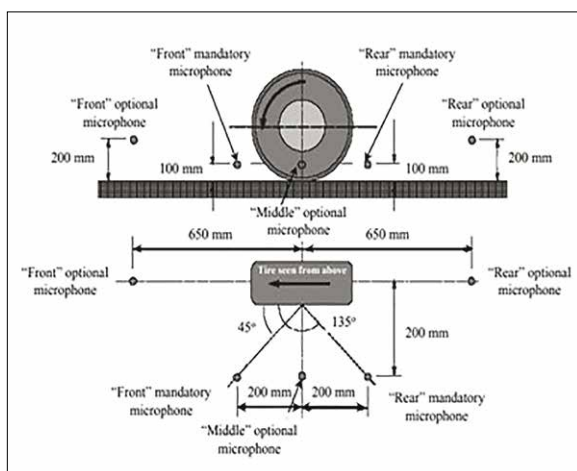
3A e 3B. Le caratteristiche profilometriche della superficie stradale

Al fine di stabilire se una superficie stradale abbia una tessitura convessa o concava, è sufficiente implementare un calcolo basato sulla frequenza delle ampiezze registrate lungo uno o più profili longitudinali rappresentativi della superficie stessa (Figure 3A e 3B).

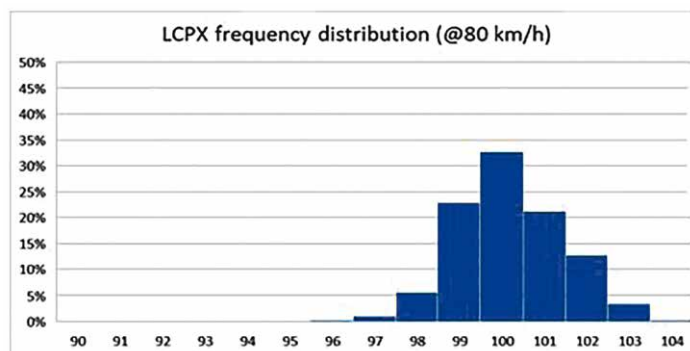
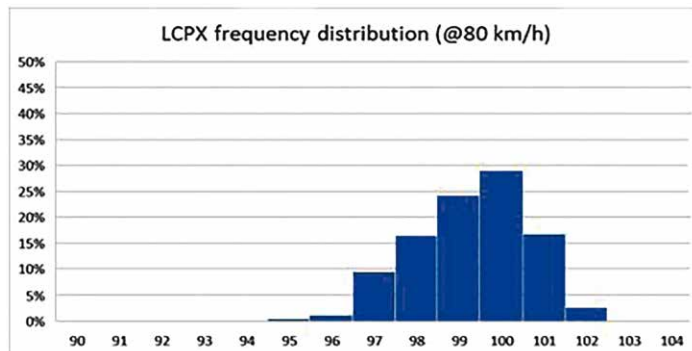
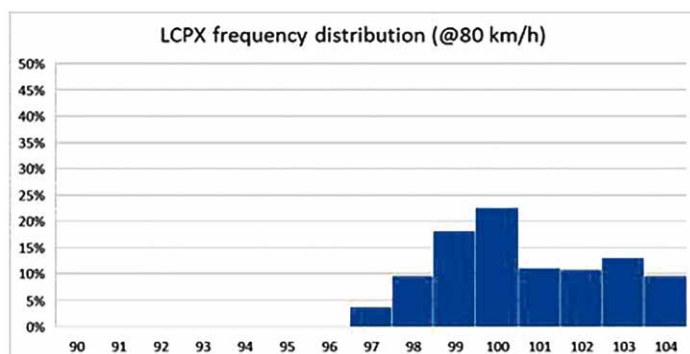
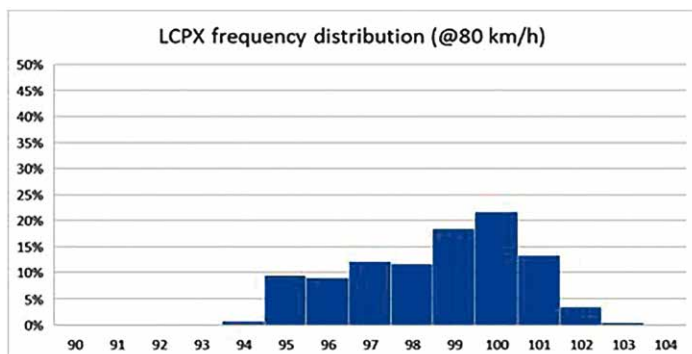
Cumulando le frequenze, è possibile infatti ottenere



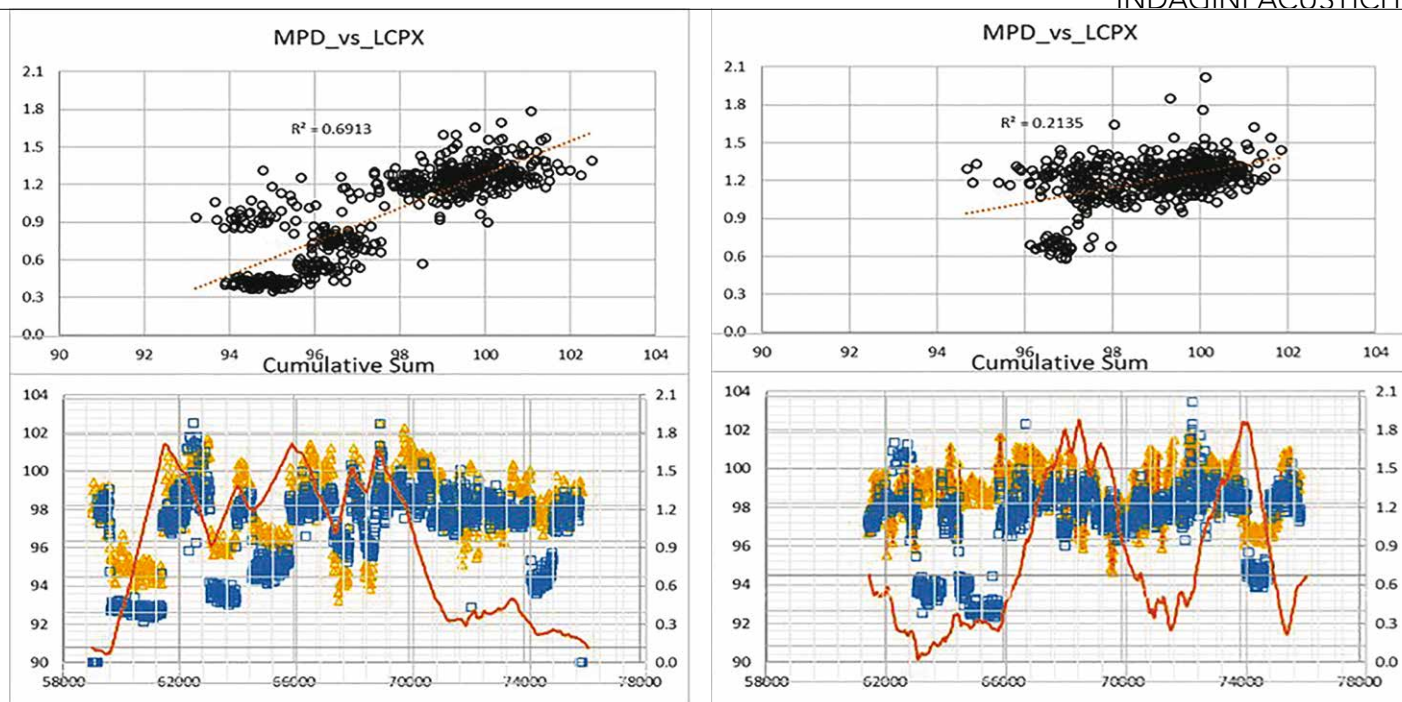
4. Il fattore di forma calcolato sulle wheel-paths destra e sinistra di una tratta di riferimento



5A, 5B, 5C, 5D, 5E e 5F. I dispositivi di misura ad alto rendimento utilizzati per le indagini



6A, 6B, 6C e 6D. Le distribuzioni di frequenza dei valori LCPX misurati su quattro sezioni autostradali differenti



7A e 7B. Il confronto fra i valori MPD e LCPX misurati

una rappresentazione statistica in cui sono riportate le frequenze di ampiezza sull'asse delle ascisse "x" e le ampiezze stesse determinate a valle di indagini profilometriche sull'asse delle ordinate "y". Intersecando la curva delle frequenze cumulate con il valore dell'ampiezza mediana, si ottiene un valore di frequenza caratteristico (fattore di forma) chiamato "g". Quando il valore di "g" è inferiore al 60%, si può ritenere di essere in presenza di una tessitura convessa (strada rumorosa); quando invece il valore di "g" è superiore al 60%, si può ritenere che la tessitura sia concava, il che corrisponde ad una strada silenziosa.

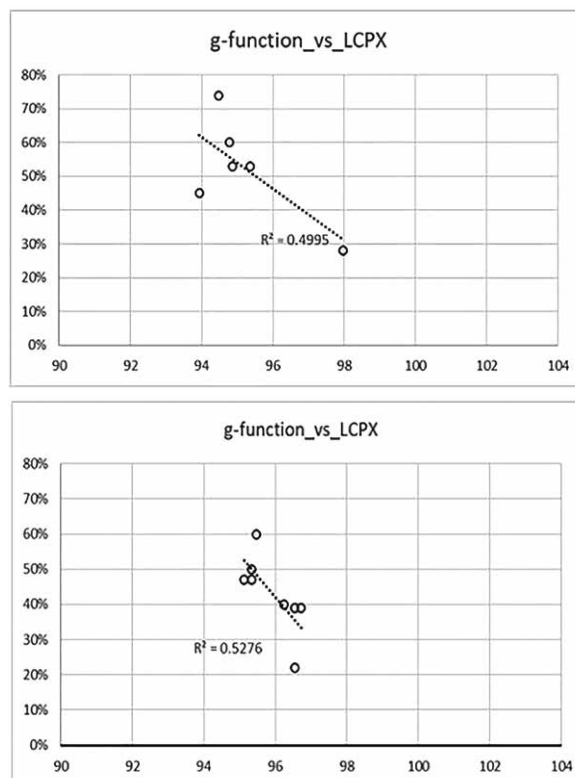
#### APPLICAZIONI E COMMENTI

Di seguito sono mostrati i risultati ottenuti nell'ambito di una campagna di indagini acustiche e profilometriche realizzata su alcune sezioni autostradali nel Nord Italia impiegando, rispettivamente, i sistemi di misura CPX e LARAN (Figure 5A, 5B, 5C, 5D, 5E e eF).

Sia i livelli di pressione sonora che gli andamenti profilometrici delle wheel-paths sono stati elaborati ed omogeneizzati con lo scopo di ricercare eventuali correlazioni fra le misure di rumore dirette (CPX) e le caratteristiche delle pavimentazioni (MPD e forma della tessitura superficiale). Nelle Figure 6A, 6B, 6C e 6D è possibile apprezzare come i va-

lori di LCPX misurati sulle tratte considerate si dispongano, in termini assoluti, intorno al valore medio di 100 dB, manifestando tuttavia dispersioni diverse a seconda dei tipi di pavimentazione investigati. Le Figure 7A e 7B evidenziano invece una variabile correlazione fra la macrotestitura, espressa sotto forma di MPD, e la pressione sonora in dB.

Con riferimento alla stima del livello di rumore da rotolamento, l'implementazione del metodo descritto nel paragrafo precedente ha portato ad una correlazione più stabile (Figure 8A e 8B), seppur non forte come nelle aspettative, fra le variabili considerate, che sono il fattore di forma g in [%] e il livello LCPX in [dB].



8A e 8B. Il confronto fra i valori LCPX e i fattori di forma g calcolati

#### CONCLUSIONI

Alla luce di quanto mostrato, si può concludere che nell'ambito delle indagini realizzate il fattore di forma g è risultato promettente nel tentativo di identificare, in termini assoluti, le diverse tipologie di strato di usura, ma solo in parte si è rivelato soddisfacente nell'attribuire la qualità di strada rumorosa o silenziosa con riferimento alla soglia del 60% raccomandata. ■

(1) Ingegnere, Responsabile Studi Specialistici e Laboratorio Prove Stradali di Sina SpA

(2) Ingegnere, Responsabile Laboratorio Monitoraggi Ambientali di Sina SpA