

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **41/02**

Le pavimentazioni nella sicurezza della circolazione

Road pavements and traffic safety

Alessandro Ranzo

Università di Roma "La Sapienza", Dip. ITS/Area Strade

Le pavimentazioni nella sicurezza della circolazione

Road pavements and traffic safety

ALESSANDRO RANZO

Dip. ITS/Area Strade - Università "La Sapienza" - Roma

Riassunto

L'articolo riassume l'intervento al Convegno SITEB Sicurezza e prestazioni delle pavimentazioni autostradali e stradali, tenutosi a Roma il 7 marzo 2002 presso la Facoltà di Ingegneria de "La Sapienza".

Dopo avere definito cosa si intende per sicurezza delle pavimentazioni, vengono citati i vari problemi relativi al progetto delle pavimentazioni stesse e alle prestazioni legate alla sicurezza. Alcune considerazioni sull'efficienza delle pavimentazioni autostradali e la relativa incidentalità concludono l'articolo.

Summary

The paper summarizes the presentation of prof. Ranzo during the SITEB Symposium on Safety and performance of motorway pavements held in Rome on March 7th, 2002.

After a definition of the safety problems linked to road surfaces, various aspects of the road pavement design are considered, in correlation with the safety aspects. The pay-highway pavements performance and safety is especially considered and correlated to the price paid by the user

1. La sicurezza stradale

La sicurezza stradale viene generalmente definita come un insieme di requisiti necessari a far funzionare bene un sistema complesso costituito da vari elementi, quali: il veicolo in movimento, l'uomo alla

guida del veicolo, la piattaforma stradale e i dispositivi installati sui margini (a corredo ed arredo attivo e passivo della strada).

Indubbiamente, la piattaforma pavimentata, ovvero la pavimentazione, in quanto supporto e guida del veicolo (attraverso un impegno di aderenza delle ruote), costituisce il primo elemento che concorre direttamente all'instaurarsi di condizioni sicure per la circolazione.

Infatti, anche una minima deficienza, sia puntuale che diffusa, nelle condizioni del manto superficiale, può determinare un'improvvisa quanto imprevedibile perdita di stabilità dell'equilibrio del veicolo in movimento o, peggio, può far sì che in caso di richiesta di massima efficienza in aderenza (per esigenze di frenatura improvvisa o di ingresso in curva a velocità elevata), questa non si presenti affatto o si presenti in misura insufficiente.



Fig. 1 - Interazioni veicolo-pavimentazione

La regolarità della superficie realizzata con le pavimentazioni, qualora non si presentasse continua e priva di ondulazioni e rotture, contribuirebbe a generare un immediato disconforto nell'utente e una diminuzione di capacità aderenti della superficie superiore del manto pavimentato, per l'addensarsi di forze d'inerzia verticali avverse al mantenimento del contatto ruota-pavimentazione (Fig. 1).

Mentre le stesse irregolarità, contribuendo ad accrescere uno stato vibrazionale nella struttura del veicolo, inducono una sorta di affaticamento psico-fisico nel conducente, che tende ad allungare i tempi di reazione e quindi ad entrare nelle condizioni di scarsa sicurezza.

2. Le pavimentazioni e la sicurezza

L'estrema variabilità dei tipi di pavimentazione presenti lungo le strade delle reti urbane ed extraurbane esistenti, il loro stato di manutenzione, le condizioni d'uso dei veicoli circolanti e le mutevoli condizioni meteorologiche, rendono effettivamente aleatorie le funzioni di relazione tra cause ed effetti incidentali.

Si pensi, ad esempio, alla concentrazione spaziale e temporale di incidenti durante i periodi di nebbia, neve, pioggia, vento, brina, ghiaccio e di altre situazioni avverse che s'affiancano spesso ad una diffusa quanto scarsa percettibilità del rischio da parte degli utenti, non sempre sufficientemente addestrati ed informati ad affrontare coscientemente situazioni di crisi.

Resta comunque di estremo interesse, per la ricerca di una maggiore sicurezza della circolazione dei veicoli su strada, il poter fare affidamento sulle prestazioni

delle pavimentazioni, effettivamente rispondenti alle diverse e mutevoli esigenze di governo sicuro dei veicoli, nei rispettivi domini dello spazio e del tempo.

D'altra parte la pavimentazione, in realtà sinonimo stesso di strada, nella comune accezione del termine, derivato dal latino *stratae* (*via lapidibus o glarea stratae*), è il primo elemento che viene percepito a pieno dall'utente (Fig. 2).

Egli bada poco al fatto che al disotto di una pavimentazione si celi un corpo stradale resistente in terra, anche molto elevato, oppure un viadotto, giacché il suo veicolo si sposa direttamente con la pavimentazione che, fra l'altro, lo guida anche otticamente in modo continuo, con la segnaletica orizzontale.

Egli avverte anche fisicamente, ma soltanto in modo macroscopico, la differenza tra superfici regolari e superfici discontinue, per la diversità di *comfort*, mentre avverte molto di meno la differenza tra superfici poco aderenti e superfici più aderenti, se non attraverso una diretta sperimentazione in caso di frenata d'emergenza o entrando in curva, se il governo del veicolo viene improvvisamente a mancare.

3. Il progetto delle pavimentazioni

Tradizionalmente, il ruolo funzionale che si considera prevalente nelle pavimentazioni stradali è quello di rispondere al carico dei veicoli pesanti con inflessioni elastiche molto contenute, mantenendo nel tempo tali prestazioni, senza che si verificino ammaloramenti di sorta. Inoltre, si richiede che il manto superficiale assicuri sempre ai pneumatici in rotolamento un contatto di tipo ruvido, duraturo nel tempo (Fig. 3).



Fig. 2 - Struttura della strada romana

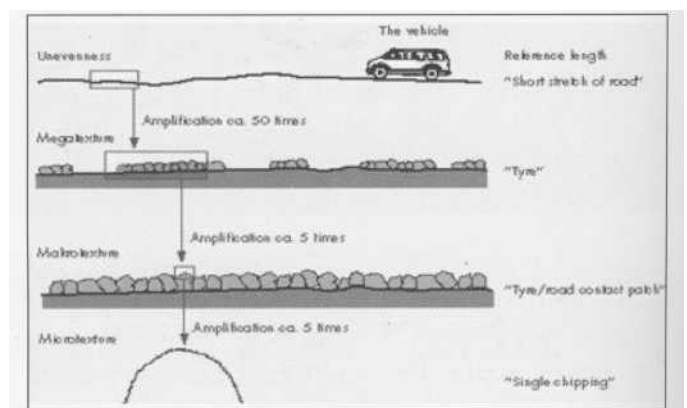


Fig. 3 - Contatto "ruvido" tra manto stradale e pneumatico

Ancora oggi però, non esiste una vera norma cogente che disciplini la progettazione, la costruzione e il collaudo delle pavimentazioni, ma si rispettano soltanto alcune regole di buon comportamento tecnico, formalizzate attraverso le istruzioni CNR e i capitolati d'appalto, peraltro anche abbastanza diversi tra le molte Amministrazioni responsabili dei lavori stradali (ANAS, Concessionarie, Province, Comuni e Consorzi).

Nelle costruzioni edilizie e soprattutto per le strutture in acciaio o in cemento armato, è da lunghi anni cogente una serie di norme che, regolando i criteri di progetto, calcolo e collaudo delle opere, assicurano (sia pure formalmente) gli utenti nei riguardi dei rischi da collasso strutturale. In campo stradale invece la sicurezza indotta da manufatti come le pavimentazioni non costituisce un argomento oggetto di regole di salvaguardia e tanto meno di controllo sistematico dell'efficienza.

Certamente le procedure di progetto, di confezione e di posa in opera dei conglomerati bituminosi che realizzano le pavimentazioni, sono ormai consolidate ad un buon livello tecnico, sulla base dell'esperienza acquisita e delle prove convenzionali eseguite sui materiali componenti; ciò secondo le istruzioni tecniche del CNR e, più recentemente, anche i suggerimenti messi a punto negli U.S.A. dal progetto SHRP. Manca tuttavia una procedura di valutazione globale che possa consentire di accertare l'effettiva capacità

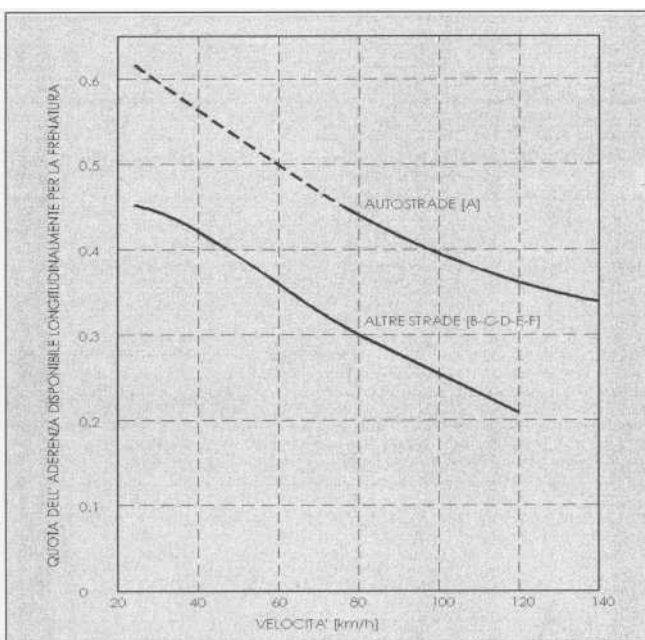


Fig. 4 - Aderenze in funzione della velocità

prestazionale dei conglomerati bituminosi nella loro interezza, soprattutto con riferimento ai manti superficiali e quindi alla sicurezza della circolazione.

L'emanazione, da parte del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, di un documento "pre-normativo" (*Norme funzionali e geometriche delle strade*) nonché delle *Modalità di istituzione e aggiornamento del catasto delle strade*, ha creato le condizioni per un cambiamento anche nella progettazione e gestione delle sovrastrutture stradali.

Infatti, anche se indirettamente, le pavimentazioni figurano nella norma laddove si richiedono coefficienti di minima aderenza in funzione della velocità permessa; tali coefficienti sono giustamente differenziati tra le autostrade e le altre strade: per le autostrade è infatti prevedibile un livello prestazionale di efficienza maggiore (Fig. 4 e 5).

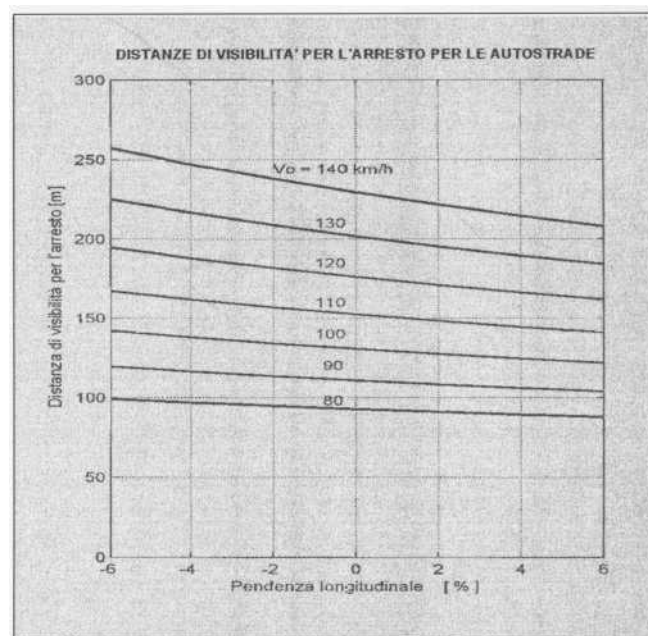


Fig. 5 - Distanze di visibilità

All'interno del catasto che ogni amministrazione dovrà costituire e tenere aggiornato, figurano le pavimentazioni, sia come tipologia e geometria puntuale (georeferenziata), sia come stato manutentorio attuale. Il progetto di una pavimentazione non dovrebbe ora più esaurirsi nella verifica di resistenza a fatica lungo una determinata vita utile e nella scelta di materiali idonei a formare un manto superficiale di assegnate caratteristiche, ma dovrebbe contenere anche una procedura di analisi delle condizioni di sicurezza, in rela-

zione all'aderenza offerta e alla regolarità superficiale. Ciò è tanto più necessario nella pratica corrente di manutenzione delle strade esistenti, in quanto s'impiegano sempre di più le tecniche di riciclaggio o si ricorre alla stesa di manti drenanti.

4. Prestazioni legate alla sicurezza

In ogni caso il progetto di una pavimentazione (nuova o rigenerata che sia), oltre ad assicurare i tradizionali requisiti di portanza e di durata nel tempo, deve garantire le prestazioni che sono più intimamente legate alla sicurezza; esso sono:

- la tessitura (micro e macro) o la rugosità superficiale entro limiti precisi;
- la rispondenza geometrica ai parametri macroscopici di megatessitura e la rispondenza ai caratteri di generica superficie tridimensionale iperboloidica, nei tratti di variazione della curvatura d'asse;
- la capacità di deflusso dell'acqua in termini di controllo dell'altezza del velo idrico durante le piogge intense;
- l'inclinazione corretta della piattaforma, in funzione della velocità di progetto e del valore dei coefficienti d'aderenza.

Certamente, per giungere ad una procedura progettuale costruttiva e manutentoria che consideri la pavimentazione come un sistema complesso e intimamente legato alla sicurezza, si renderà sempre più necessario ricorrere a criteri prestazionali globali, superando i concetti di sola verifica di accettabilità dei materiali componenti, attraverso prove standard di laboratorio e *in situ* sui medesimi.

Ciò sta a significare che il metodo pratico per giungere a un buon dimensionamento preventivo degli spessori e delle caratteristiche superficiali deve passare attraverso una sperimentazione fisica su simulacri di pavimentazione posta in opera, ovvero attraverso i "campi prova" (Fig. 6).

Tale procedura, già in uso in alcuni paesi anglosassoni, è stata d'altra parte adottata, sia pure parzialmente, ed inclusa in un documento redatto per incarico del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti da un gruppo di docenti e ricercatori, che dovrà essere approvato, prima dell'adozione, dal Consiglio Superiore LL.PP.

Tale documento recepisce, tra l'altro, la classifica funzionale delle strade contenuta nelle norme del 2001 ed

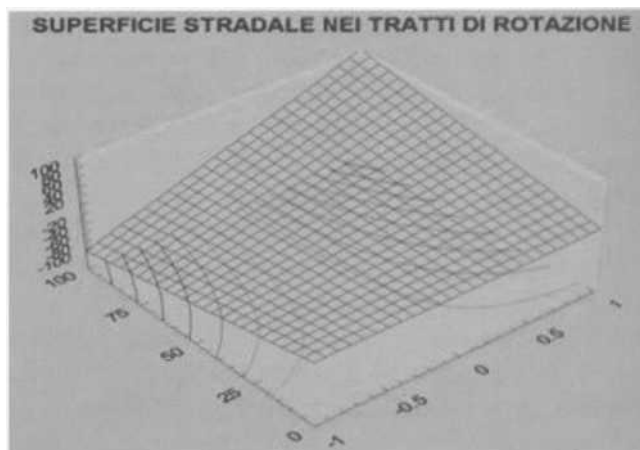


Fig. 6 - Simulazione di una pavimentazione stradale

è per questo motivo che i requisiti prestazionali delle pavimentazioni in genere, e dei manti di usura in particolare, sono stati trattati in modo differente.

5. Efficienza delle pavimentazioni e incidentalità nelle autostrade

Nelle autostrade i due fondamentali requisiti prestazionali e cioè la portanza delle pavimentazioni sotto traffico pesante e l'offerta di aderenza dei manti d'usura per qualsiasi tipo di veicolo, costituiscono soltan-

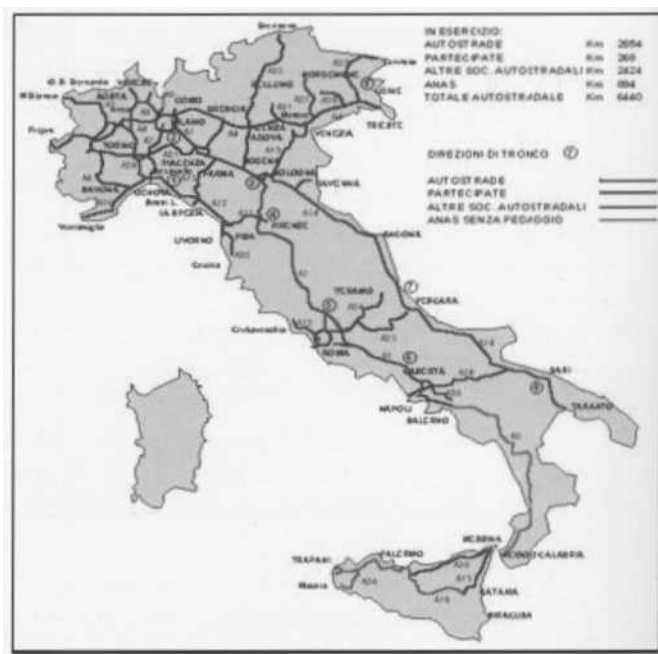


Fig. 7 - La rete autostradale italiana

to uno degli aspetti della problematica d'esercizio, dal momento che l'entità del traffico e le velocità modali sostenute dagli utenti pongono ai gestori e quindi ai progettisti una serie di requisiti aggiuntivi, tutti connessi alla sicurezza della circolazione.

Nel nostro Paese le autostrade, che costituiscono poco più del 2% dell'estensione dell'intera rete stradale (Fig. 7), sono impegnate da circa il 25% del traffico stradale totale annuale extraurbano. Su queste infrastrutture l'imposizione del pedaggio a carico degli utenti comporterebbe - sia pure teoricamente - un livello massimo di efficienza e quindi un maggiore livello prestazionale rispetto alle altre strade, soprattutto nei riguardi della sicurezza degli utenti.

La Fig. 8 riporta alcuni dati riguardanti l'incidentalità sulla rete autostradale e stradale extraurbana, elaborati dall'ACI, dall'ISTAT e dall'AISCAT nel periodo 1996-2000.

SITUAZIONE INCIDENTALE (ISTAT Anno 2000, arrotondati)											
Autostrade			Strade statali			Strade extraurbane			Strade urbane		
km	Morti	Fatti	km	Morti	Fatti	km	Morti	Fatti	km	Morti	Fatti
11300	800	75000	16000	1600	22000	1500	11300	2800	22000		
DENSITA' INCIDENTALE [incidenti/(100km)]											
CJ	CM	CF	CJ	CM	CF	CJ	CM	CF	CJ	CM	CF
220	13	390	43	3,5	72	1,8	0,6	13	?	?	?

Fig. 8 - L'incidentalità sulla rete autostradale e stradale

Giova al riguardo sottolineare che per le autostrade in concessione (che coprono oltre l'80% della rete autostradale) è attiva la formula revisionale quinquennale dei pedaggi con il metodo del *price-cap*, vale a dire che il prezzo del pedaggio deve essere commisurato ad un controllo di efficienza da parte dell'Ente Concedente, essenzialmente basato sulle prestazioni reali della rete nei riguardi della sicurezza e del livello di servizio offerto.

La valutazione della qualità offerta dal servizio autostradale è basata, per convenzione formale riferita alla delibera CIPE del 20/12/1996, sostanzialmente su due indici prestazionali relativi a

- *stato di efficienza delle pavimentazioni*, misurato attraverso la rugosità e la regolarità superficiale;
- *incidentalità*, misurata attraverso il tasso di incidentalità globale (TIG).

In realtà nella delibera del CIPE si parla genericamente di "indicatori", anche compositi, della qualità del servizio offerto, essendo la delibera indirizzata anche ad altri settori dei servizi primari.

Lo stato di efficienza delle pavimentazioni nei riguardi della sicurezza viene in pratica misurato con macchine ad elevato rendimento prestazionale (Fig. 9), tipo SCRIM (definizione CNR 147/92) e tipo ARAN o simili. Così ad esempio, il coefficiente di aderenza trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM deve risultare (secondo il Capitolato prestazionale proposto nel documento prenormativo del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) $\geq 0,53$, per il tappeto di usura drenante e $\geq 0,58$ per il microtappeto a caldo e $\geq 0,62$ per lo splittmastix.



Fig. 9 - Le attrezzature ad alto rendimento per la misura dell'efficienza delle pavimentazioni

In alternativa, si può determinare la resistenza di attrito radente con lo *Skid Tester* (CNR 105/85) (Fig. 10) che deve fornire valori di BPN (*British Pendulum Number*) ≥ 55 per il tappeto di usura drenante, ≥ 60 per il microtappeto a caldo e ≥ 65 per lo splittmastix.

L'altezza in sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere $\geq 0,8$ per il tappeto di usura drenante, $\geq 0,6$ per il microtappeto a caldo e $\geq 0,5$ per lo splittmastix. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni. Viene anche misurata la regolarità geometrica dei manti superficiali con le apparecchiature tipo ARAN o simili (RAV), in modo da rilevare l'indice IRI (*International Roughness Index*) che

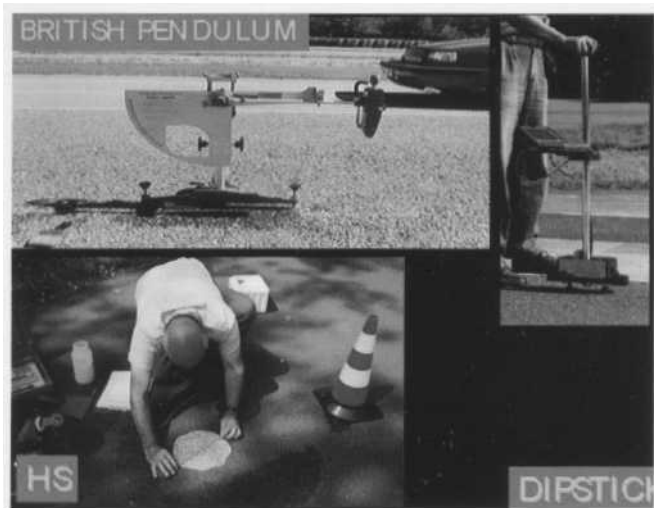


Fig. 10 - La misura delle caratteristiche superficiali

è più legato al *comfort*, ma indirettamente anche all'aderenza. L'incidentalità viene invece valutata sulla base dei rilievi della Polizia di Stato eseguiti a seguito di incidenti sulla sede autostradale in un anno e rapportata, convenzionalmente, a 100 milioni di veicoli per km. In sostanza, secondo un modello impiegato per alcune concessionarie autostradali, si verifica la qualità delle prestazioni offerte secondo una formula del tipo:

$$Q = K_{\text{pavim}} (0.6 \text{ ICAT} + 0.4 \text{ IRI}) + K_{\text{incidenti}} \cdot I_{\text{incidenti}}$$

K_{pavim} = coefficiente ponderale, attualmente pari a 0.6
 $K_{\text{incidenti}}$ = coefficiente ponderale, attualmente pari a 0.4
 $I_{\text{incidenti}}$ = indicatore ponderato, basato sul TIG (tasso di incidentalità globale) che tiene conto della diversità d'ambiente (pianura, collina, montagna, etc.).

Il valore di Q, compreso tra 0 e 100, consente così di attribuire un sintetico giudizio di valore annuale, in

modo da riuscire a confrontare, ad esempio, un periodo pluriennale mediato con un anno di riferimento e stabilire se la qualità globale sia cresciuta o diminuita. E' poi sulla misura dell'aumento o del decremento di Q che vengono stabilite le % di variazione tariffaria.

E' evidente il peso delle caratteristiche superficiali nella generazione dell'indice di qualità e nel valore economico (allineamento del pedaggio). Certamente, quanto detto per le autostrade a pedaggio potrebbe essere adottato anche sulla viabilità più importante, come le strade extraurbane principali e le strade urbane di scorrimento, tenuto anche conto che queste infrastrutture sono gestite rispettivamente dall'ANAS o dalle Province e da Comuni di grandi dimensioni.

In conclusione, si è del parere che l'argomento pavimentazioni stradali e autostradali, in relazione ai requisiti di sicurezza per la circolazione veicolare, possa costituire ancora un tema di approfondimento, sia tecnico che economico, sulla base delle richieste che derivano da norme ormai cogenti che differenziano le prestazioni in funzione della categoria stradale e del traffico.

In particolare, si vuole sottolineare il ruolo fondamentale delle nuove forme di capitolato d'appalto, di tipo prestazionale e non descrittivo o prescrittivo che, unitamente all'impiego sistematico delle macchine da rilievo ad alto rendimento, possono consentire un continuo ed esteso controllo delle condizioni d'uso delle pavimentazioni, al fine di riuscire anche ad ottenere una vasta banca dati del patrimonio esistente, non soltanto in termini di archivio statico, ma soprattutto in termini di livelli di sicurezza. (Archivio nazionale delle strade, incluso nella procedura di accatastamento delle strade).