



FONDAZIONE
PER LO SVILUPPO
SOSTENIBILE

Sustainable Development Foundation

in collaborazione con



con il patrocinio di



CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI

LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Verso linee guida nazionali per una gestione sostenibile delle pavimentazioni stradali

16 novembre 2021

Webinar su piattaforma Zoom

Soluzioni innovative e circolari per le pavimentazioni stradali

Dalla Pavia-Beregardo al Ponte San Giorgio di Genova

Alessandro Marradi

Università di Pisa

Introduzione

A longer functional life of a road has a substantial impact on the sustainability due to the minimised use of materials and energy during the life cycle.

Durable pavements:

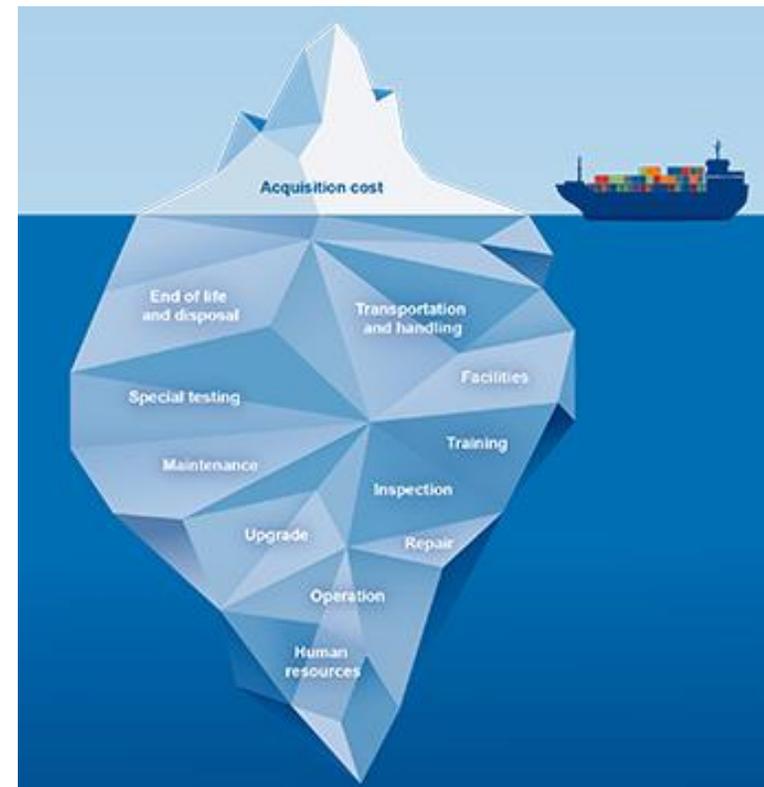
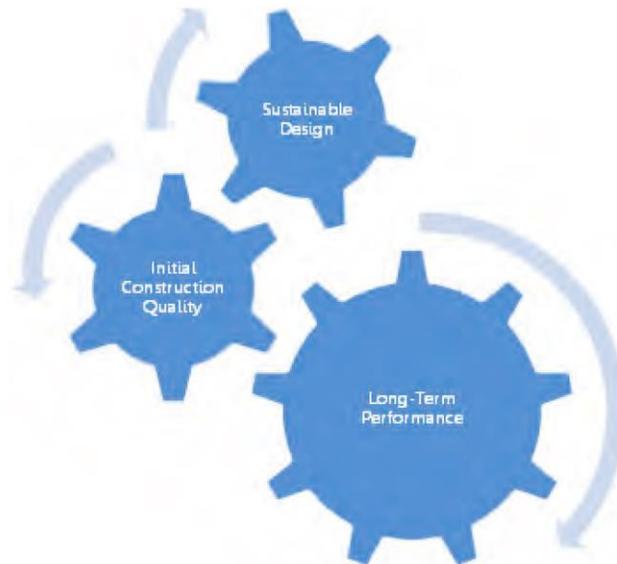
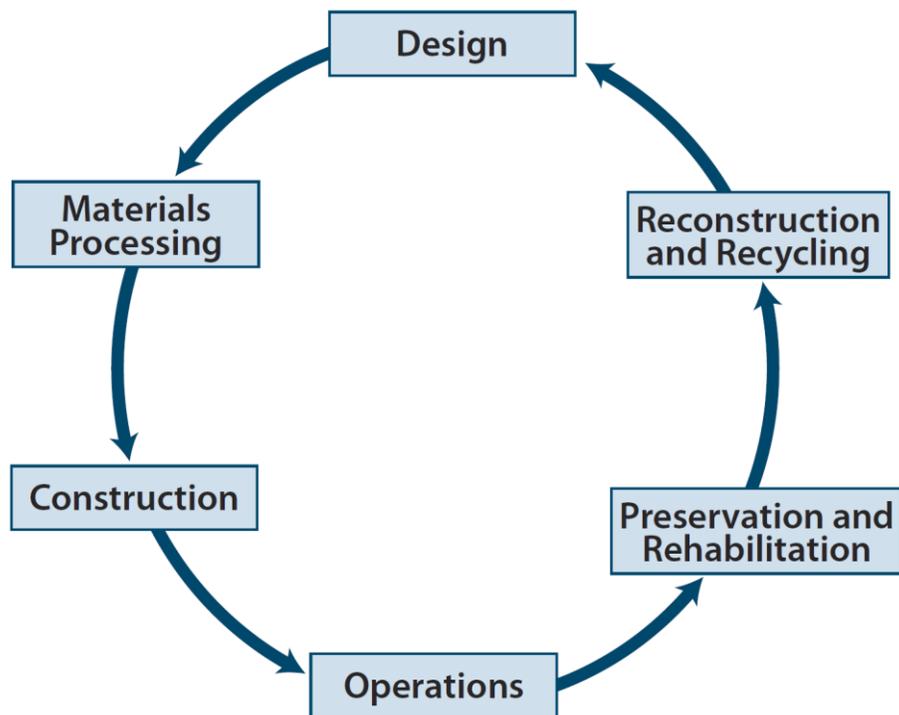
- reduce the consumption of raw materials;
- reduce traffic delays and interventions for maintenance.

Long life pavements are aiming at a greater availability of the road, over a longer period with less needed repairs and maintenance.

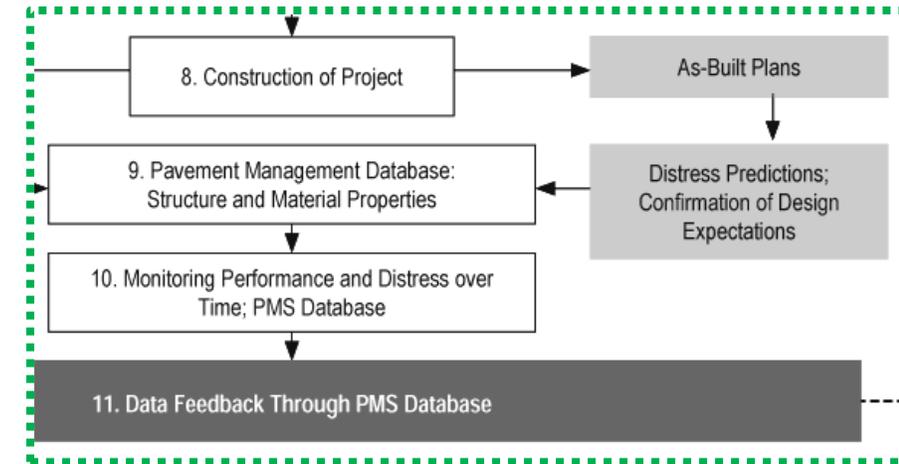
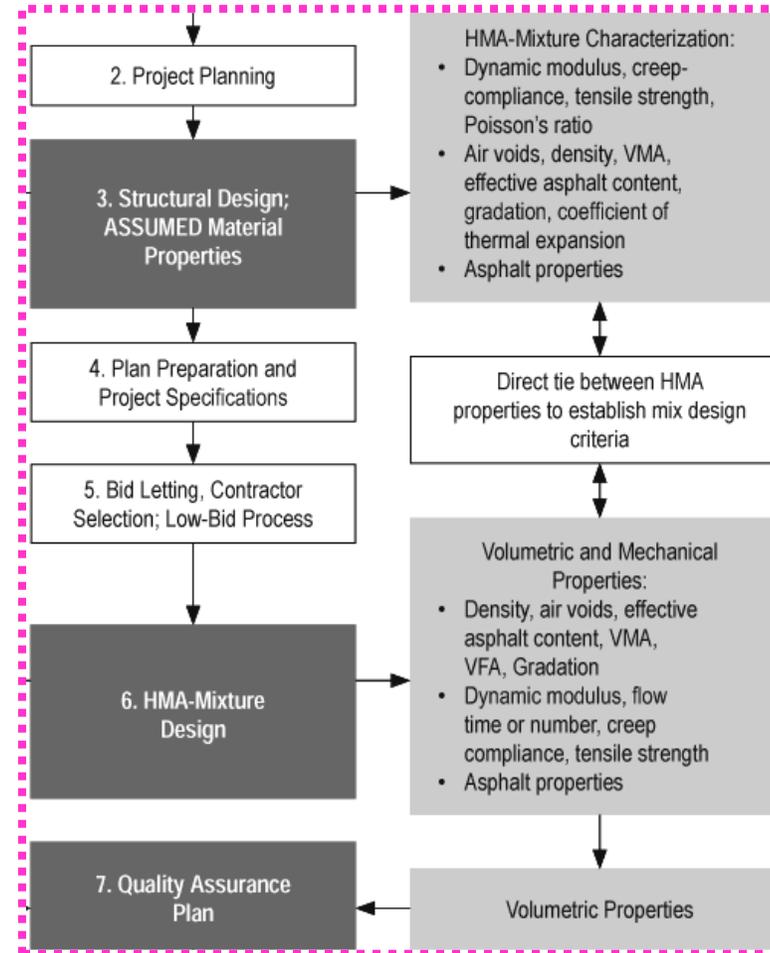
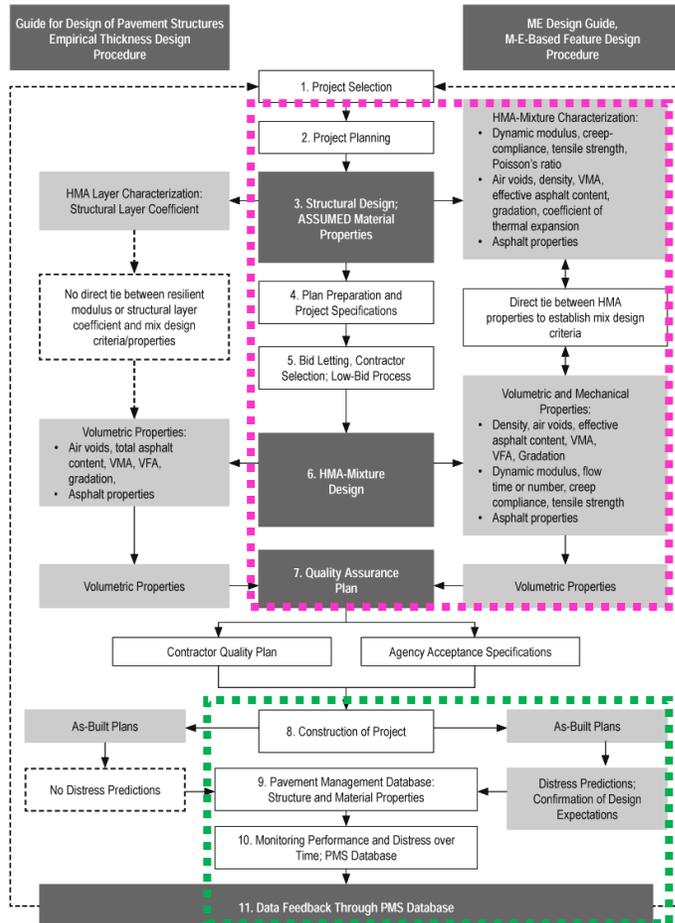
GREEN PAVING SOLUTIONS AND SUSTAINABLE PAVEMENT MATERIALS (PIARC – 2019)

Life-cycle phase	Description
Pavement design	Determination of structural and functional pavement requirements and determination of suitable structural composition, geometry and material selection.
Materials	Consideration of individual materials used in paving projects.
Construction	All processes and activities are necessary for the building of new pavement structure.
Use phase	Regular operation of the pavement structure, including interactions with traffic and the environment.
Maintenance/ preservation	Activities that are performed throughout the life of the pavement that ensure its serviceability.
End of life (EOL)	Final removal and/or disposal, recycling and reuse of the pavement as it reaches the end of its service life.

Introduzione



Ponte San Giorgio - Progetto Esecutivo: Pavimentazioni



Ponte San Giorgio: Proposta migliorativa-Pavimentazioni

Le migliorie hanno riguardato esclusivamente le miscele in conglomerato bituminoso delle pavimentazioni stradali, mantenendo immutate le altre scelte progettuali, prevedendo l'utilizzo di modifiche mediante l'impiego di compound polimerici innovativi ad alte prestazioni.

La soluzione si basa sull'impiego di compound polimerici innovativi per la modifica delle miscele in conglomerato bituminoso:

- strato di usura in conglomerato bituminoso modificato tipo SMA con “supermodificante” polimerico «GIPAVE» a base di grafene e plastiche tecno-selezionate;
- strati di binder e di base (ove previsto) in conglomerato bituminoso modificato con compound plastomerici specificatamente ottimizzati.

Ponte San Giorgio: Confronto prestazionale

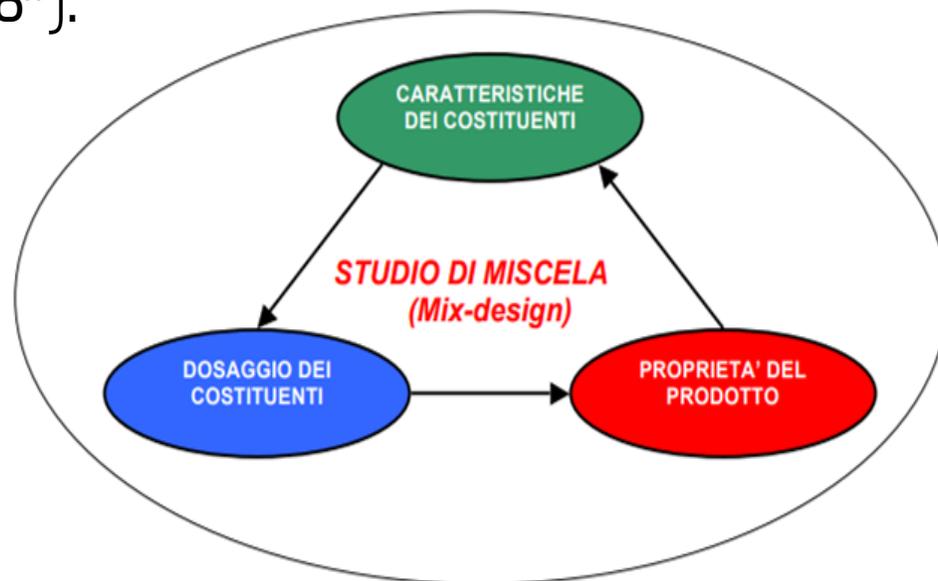
Al fine di confrontare dal punto di vista prestazionale la soluzione prevista dal Progetto Esecutivo di 2° Livello e la proposta migliorativa, è stato analizzato un significativo **database di comprovate esperienze positive** sui materiali della stessa tipologia di quelli proposti, contenente dettagliate prove sia in laboratorio che in sito (da Laboratori ufficiali e Università).

Valutazione comparativa tra le prestazioni meccaniche e operative di miscele ritenute rappresentative di quelle previste in progetto e di quelle confezionate con polimeri innovativi.

- **resistenza all'ormaiamento** - UNI EN 12697-22 "Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 22: Metodo della traccia delle ruote (wheel tracking)";
- **resistenza a trazione indiretta e coefficiente di trazione indiretta** - UNI EN 12697-23 "Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 23: Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi";
- **resistenza a fatica** - UNI EN 12697-24 "Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 24: Resistenza alla fatica";
- **modulo di rigidezza** - UNI EN 12697-26 "Miscele bituminose - Metodi di prova - Parte 26: Rigidezza".

Ponte San Giorgio: Confronto prestazionale mix-design

Gli **studi di mix-design**, condotti al fine di definire la composizione ottimale delle diverse miscele bituminose, sono stati effettuati in parallelo su entrambe le soluzioni (progetto e proposta migliorativa), dallo stesso laboratorio e sugli stessi materiali componenti, al fine di condurre un ulteriore e diretto confronto tra le prestazioni da Progetto Esecutivo di 2° Livello e quelle migliorative proposte (oltre, ovviamente, a verificare la rispondenza ai limiti previsti dal “Capitolato Speciale d’Appalto”).



Ponte San Giorgio: Confronto prestazionale mix-design

Tutte le miscele testate hanno evidenziato delle prestazioni in linea con quanto previsto per questa tipologia di conglomerati.

Tuttavia, dal confronto tra le miscele, quelle oggetto della proposta migliorativa risultano caratterizzate da migliori prestazioni strutturali.

Sulla base delle analisi effettuate è stato possibile confermare che la pavimentazione proposta come soluzione migliorativa consentiva di garantire caratteristiche prestazionali superiori rispetto a quella



Ponte San Giorgio: posa in opera conglomerati bituminosi

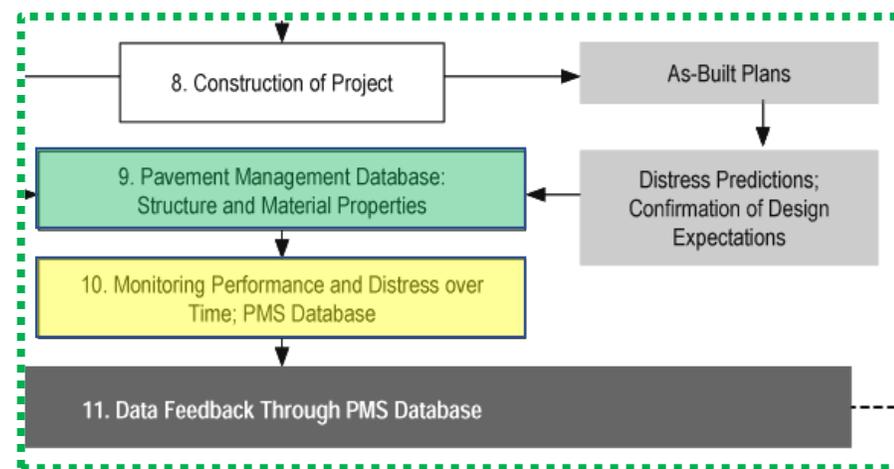
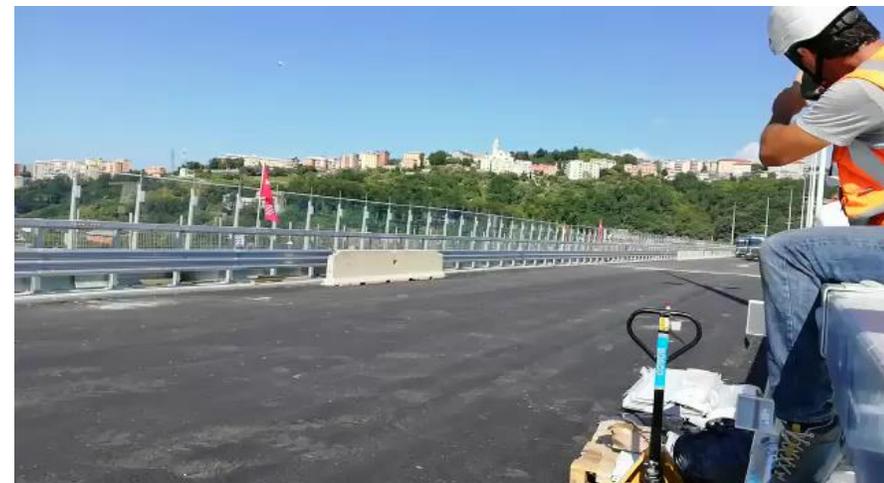
L'utilizzo di compound polimerici innovativi, proposti come unico elemento di variazione rispetto alla soluzione di progetto, oltre ad incrementare l'**ecocompatibilità** dell'opera si configura come migliorativo, anche per quanto riguarda la **durabilità**.



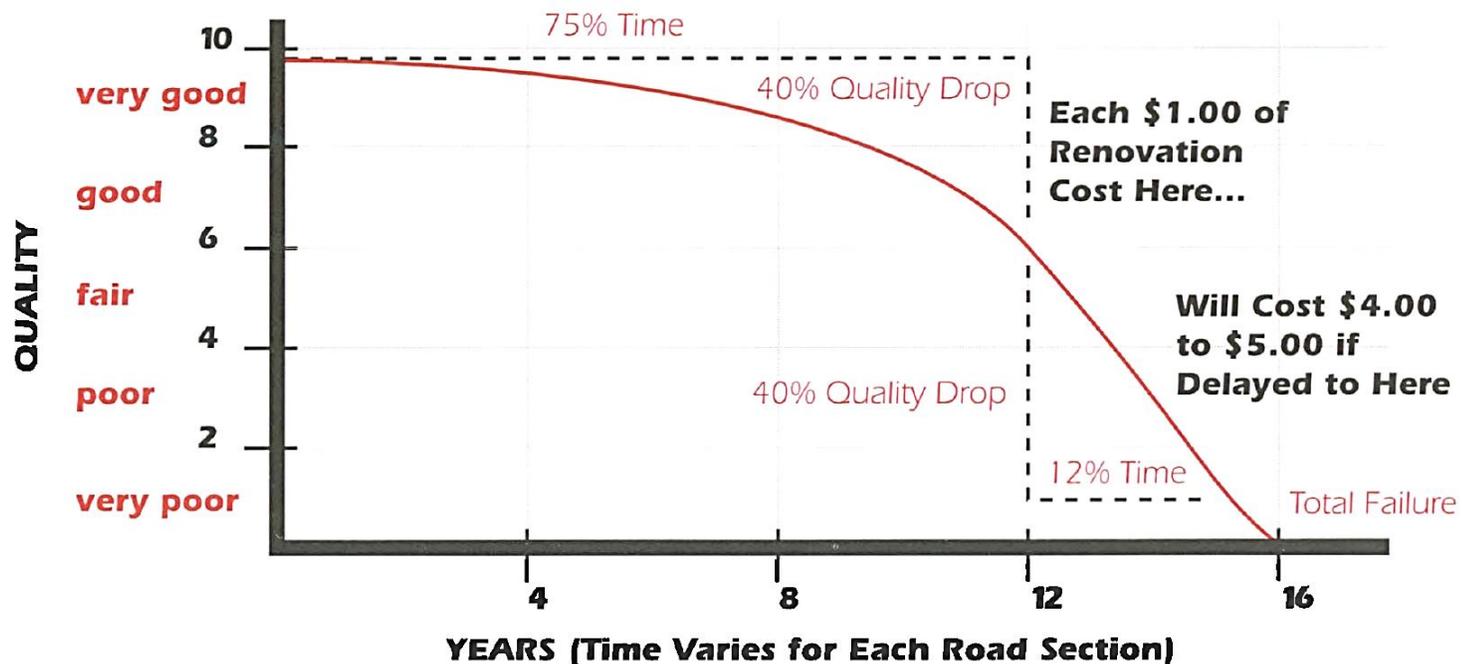
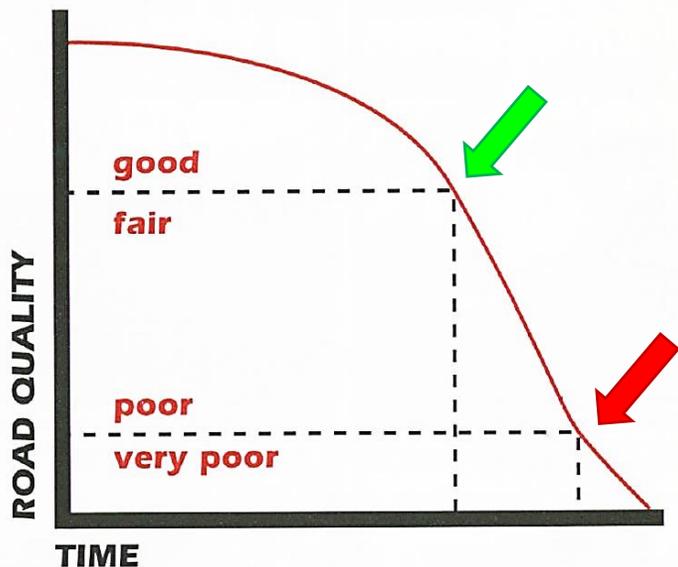
Ponte San Giorgio: controlli

Per la soluzione adottata, che modifica il comportamento strutturale delle miscele, oltre ai controlli di Capitolato, sono state effettuate ulteriori specifiche determinazioni sperimentazioni sulle miscele campionate in fase di posa in opera per avere i parametri specifici da inserire nel metodo di calcolo M-E PDG e quantificare i benefici effettivi attesi rispetto a quelli previsti.

Tale procedura, oltre ad essere espressamente prevista dal metodo M-E PDG (Distress prediction; **Confirmation of Design Expectations**) è anche una verifica specifica riportata dal CSA.



Gestione della manutenzione: PMS

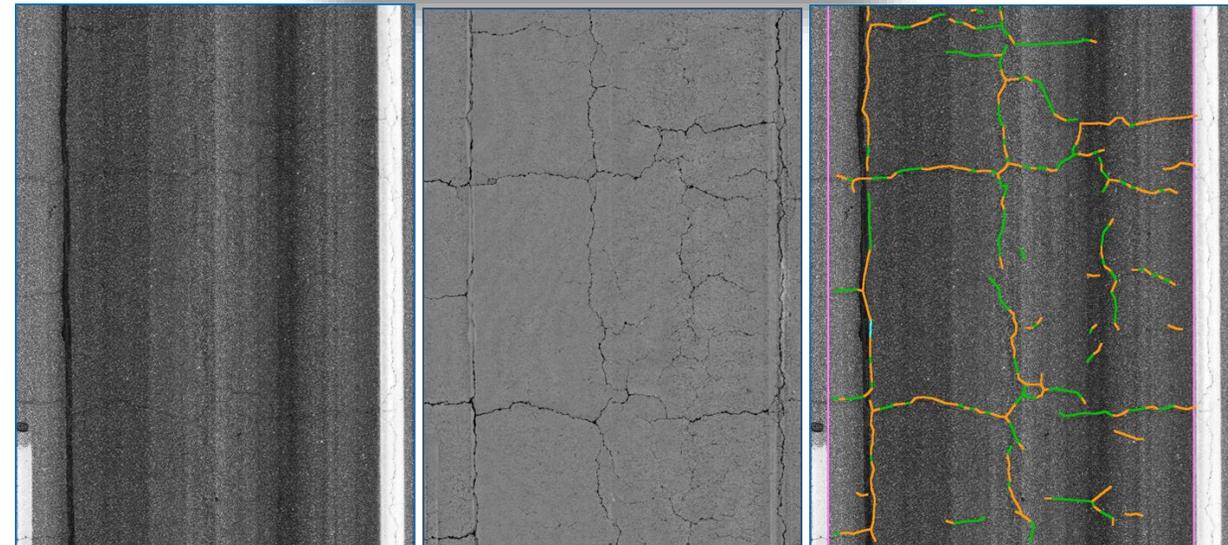
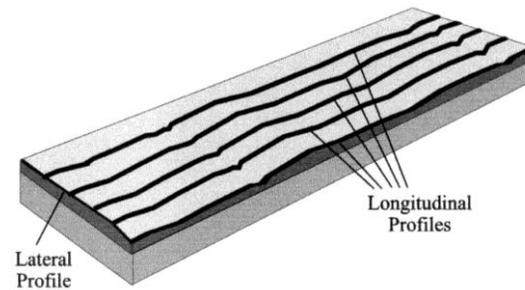
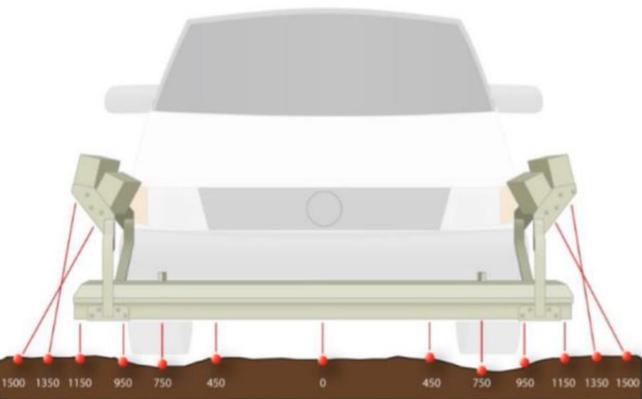
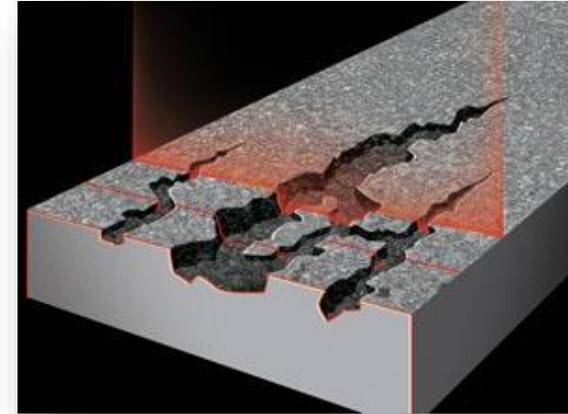


Typical life-cycle of a pavement.

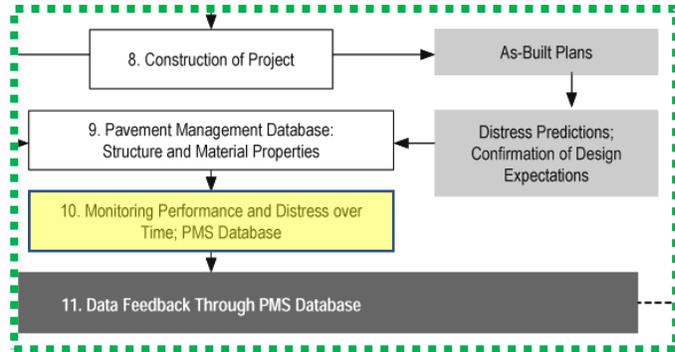
Preventive maintenance when a pavement is still in good condition (green arrow) is significantly less expensive than treatment after pavement deterioration has accelerated (red arrow).

Real-time, long-term monitoring of road infrastructures has a crucial role in pavement management systems. The assessment of the actual pavement health conditions enables us to plan appropriate and efficient maintenance actions leading to the improvement of road safety and the extension of their service lives. (In Situ Pavement Monitoring: A Review Infrastructures, 2020)

Gestione della manutenzione: PMS



Gestione della manutenzione: PMS



Edit Section Data

Performance JCP Costs Traffic Plans Selected Plan Pictures Report Calibrate Save Performance Close

Link	Facility	Section Code	From	To
122	Stand 55	PSA_PCC_55_02	0.000	1.350
123	TWY Echo	PSA_AC_ECHO_01	0.000	0.127
124	TWY Echo	PSA_AC_ECHO_02	0.127	0.268
125	TWY Echo	PSA_PCC_ECHO_01	0.268	0.316
126	TWY Echo	PSA_AC_ECHO_03	0.000	0.273
127	TWY Echo	PSA_AC_ECHO_04	0.000	0.284
128	TWY Echo	PSA_PCC_ECHO_02	0.000	0.672
129	Taxilane Oscar	PSA_PCC_OSCAR_01	0.000	0.045

Search: Front All F3: Find next

Group Update

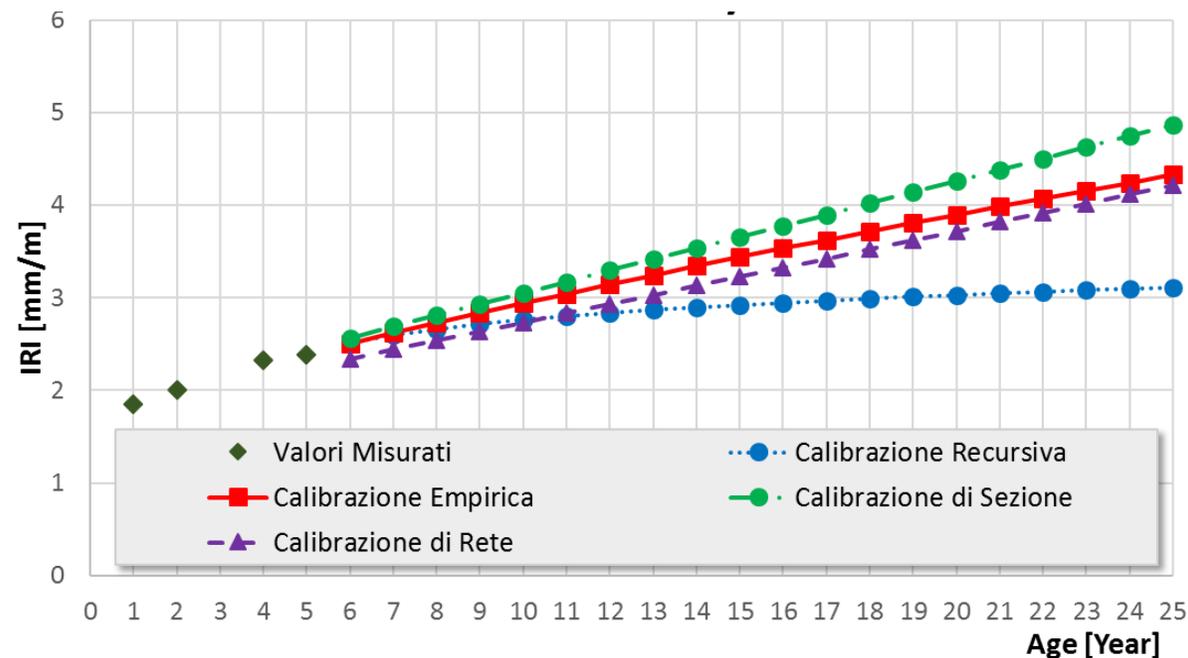
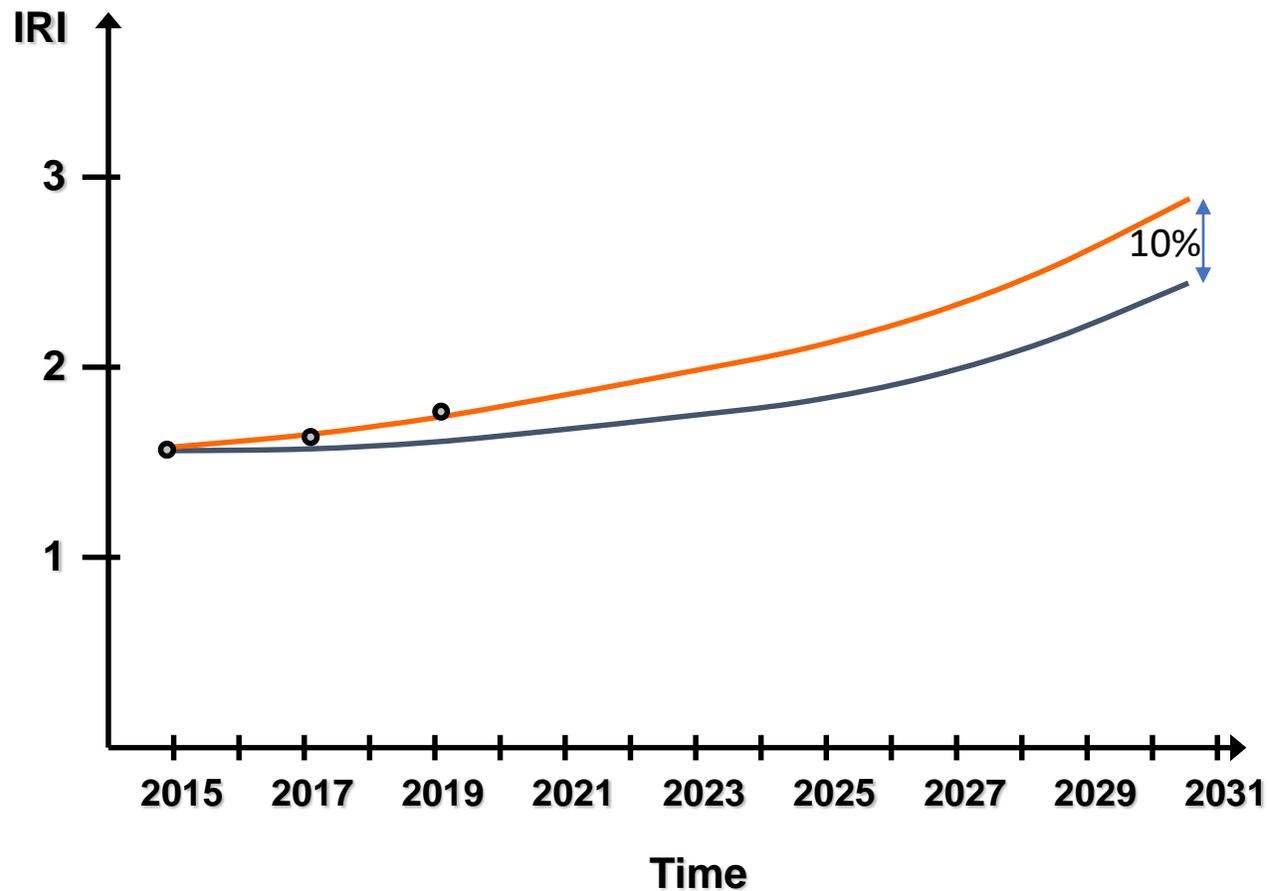
General Traffic Structure **Surface** JCP Costs Models Other

IRI 5.04 mm/m
 Data for: 2020
 Remaining life 20 years
 PCI 50.63
 Surface repair 0 Eur
 Structural repair 0 sqm
 Data for: 2020
 Surface distresses

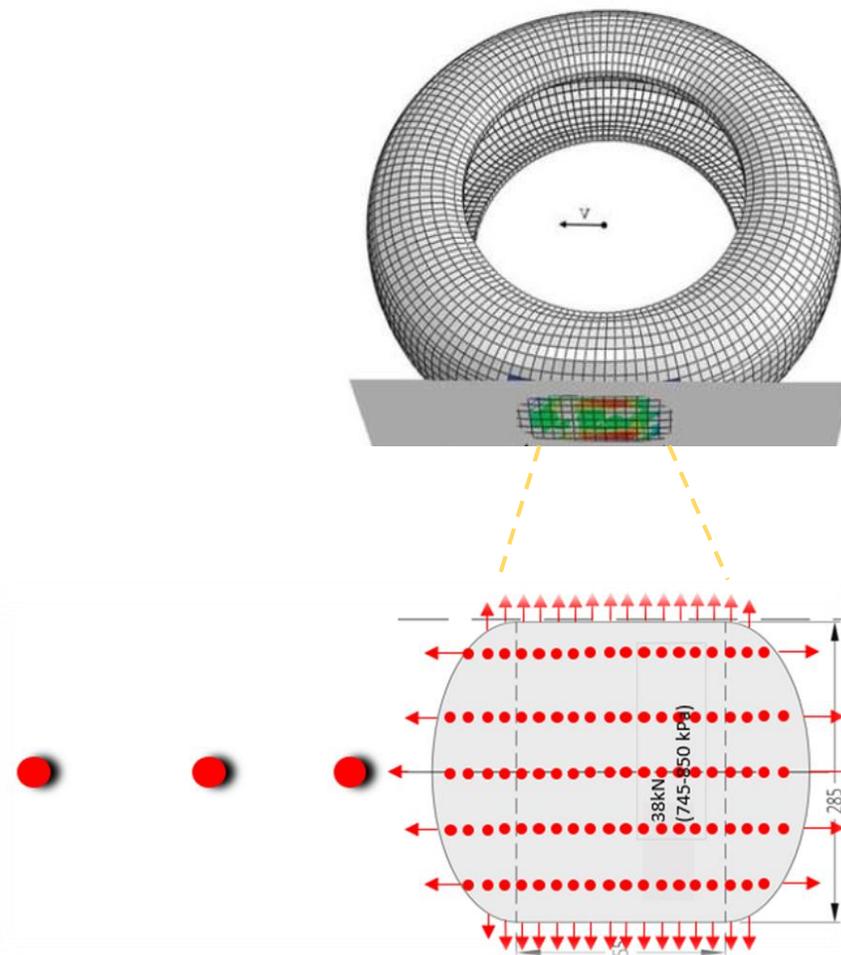
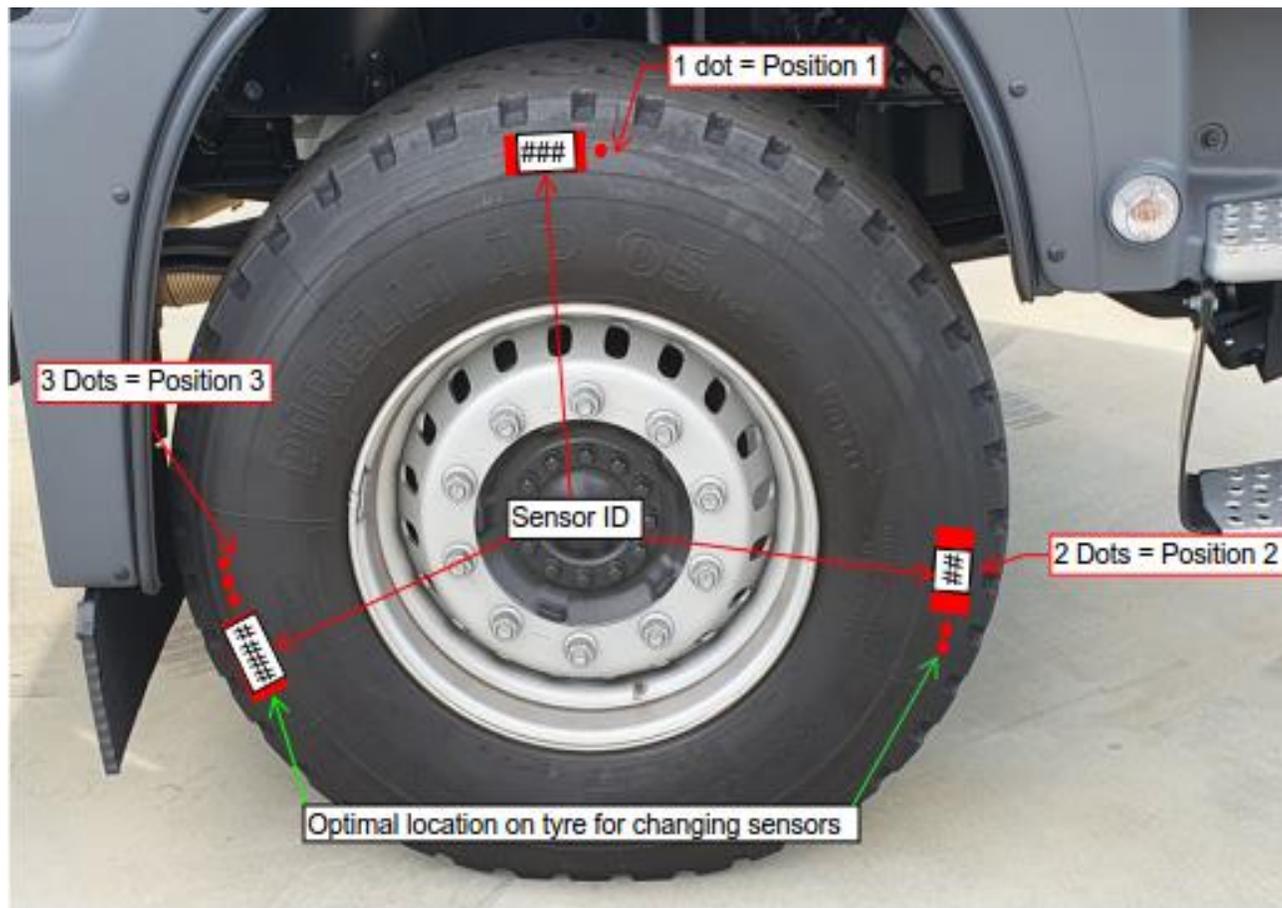
Analyze from 2018
Save
Measured values are:
 Respected
 Neglected
 Clear
 Save as New Section
 Delete
 Cancel
 Save



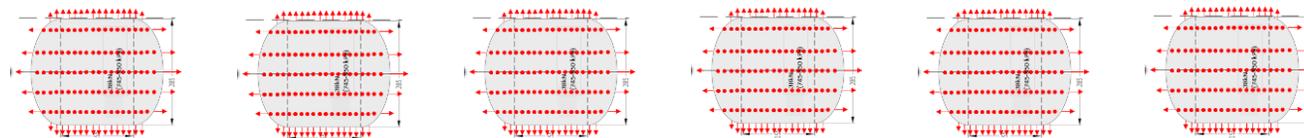
Gestione della manutenzione: PMS



Gestione della manutenzione: PMS



Gestione della manutenzione: PMS

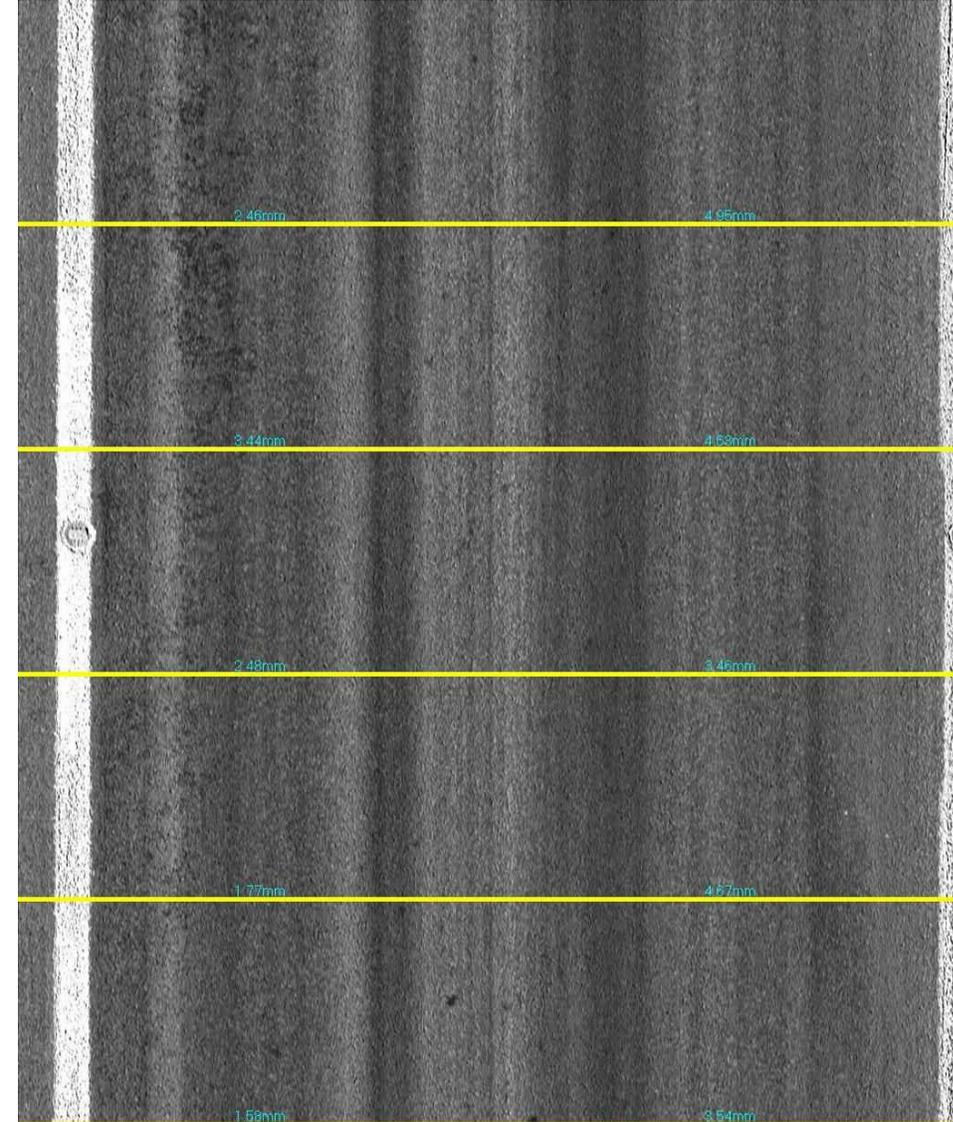
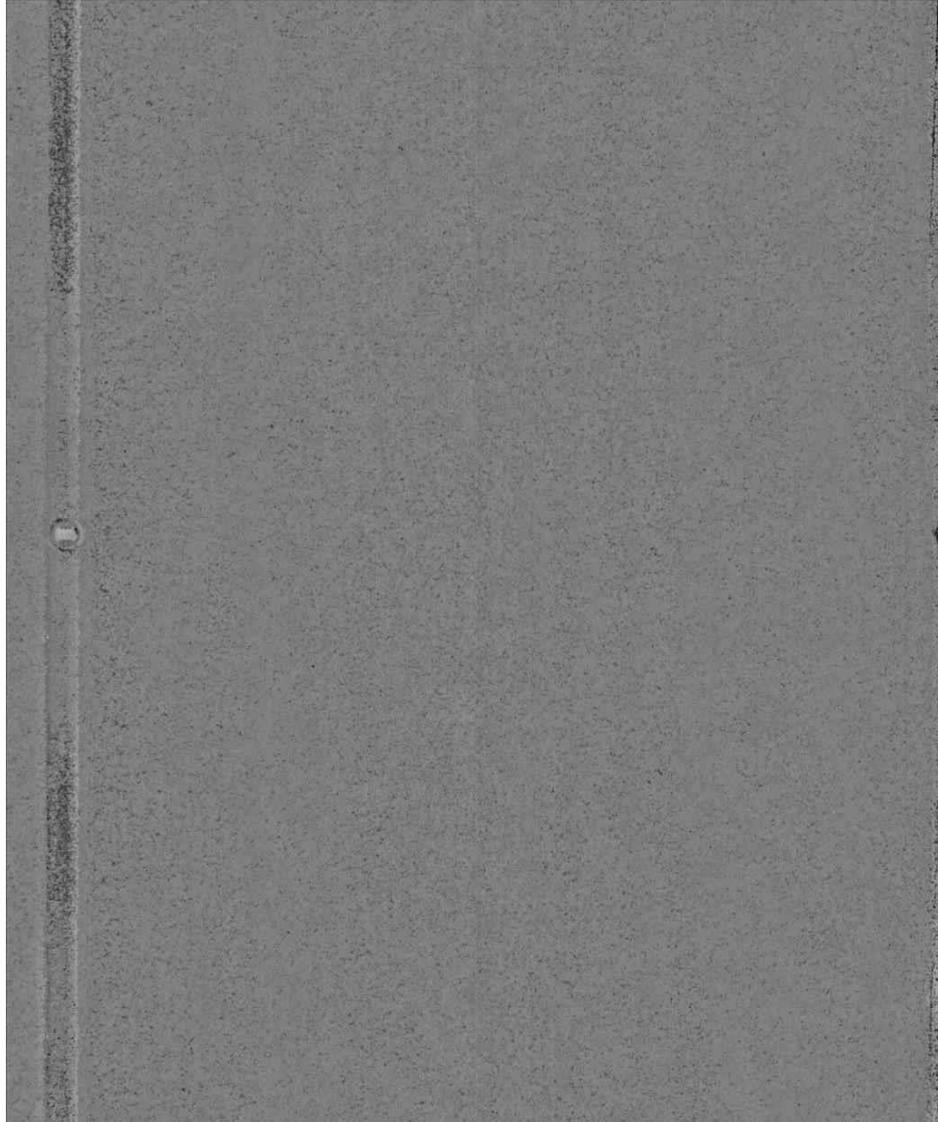


LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



Soluzioni innovative e circolari per le pavimentazioni stradali
Alessandro Marradi – Università di Pisa - 16 Novembre 2021

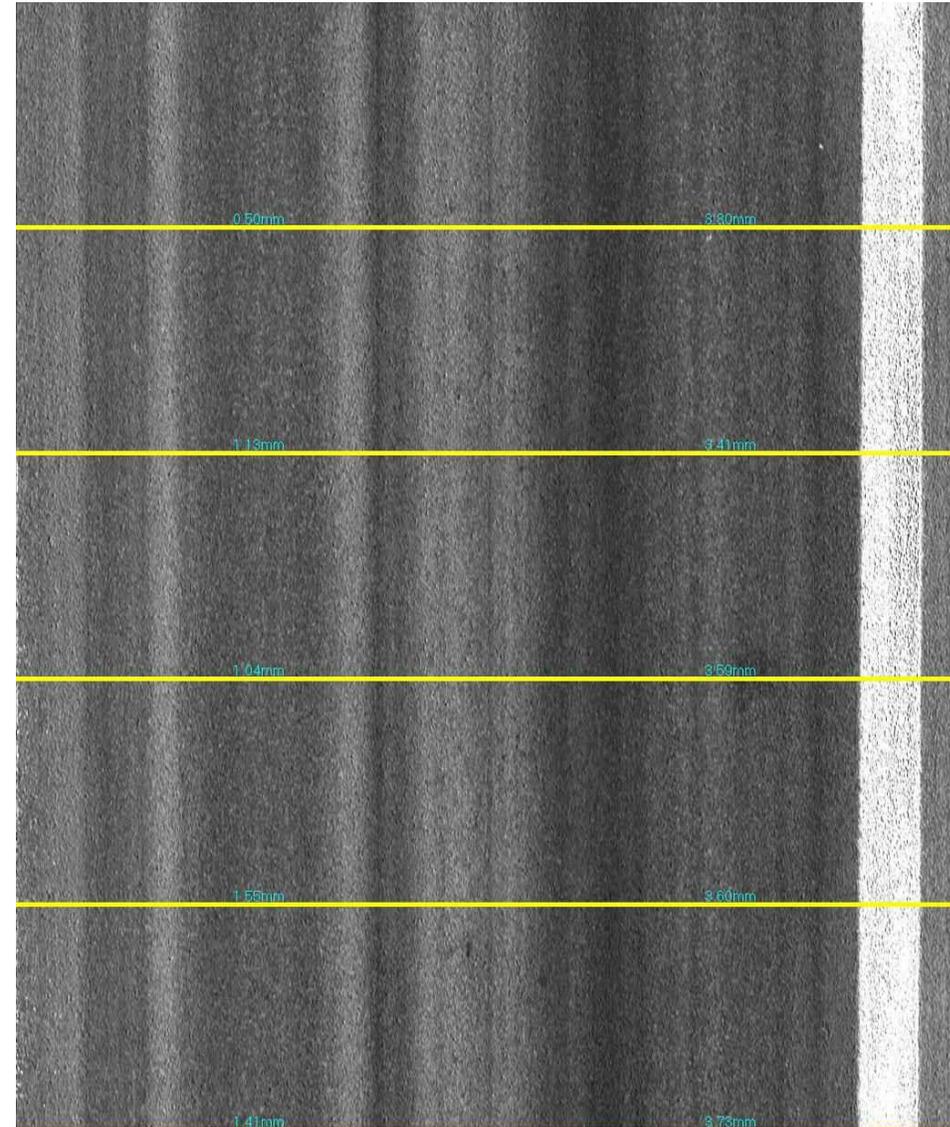
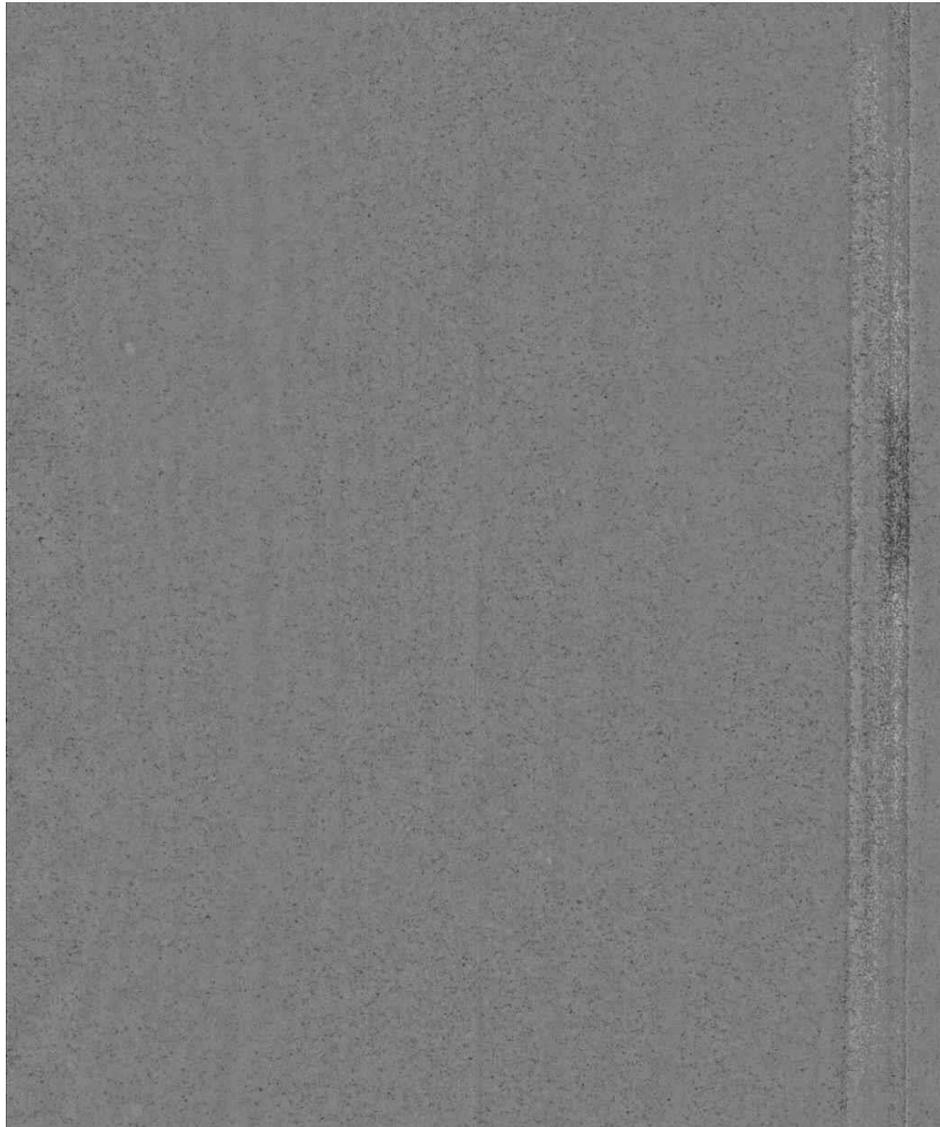
LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



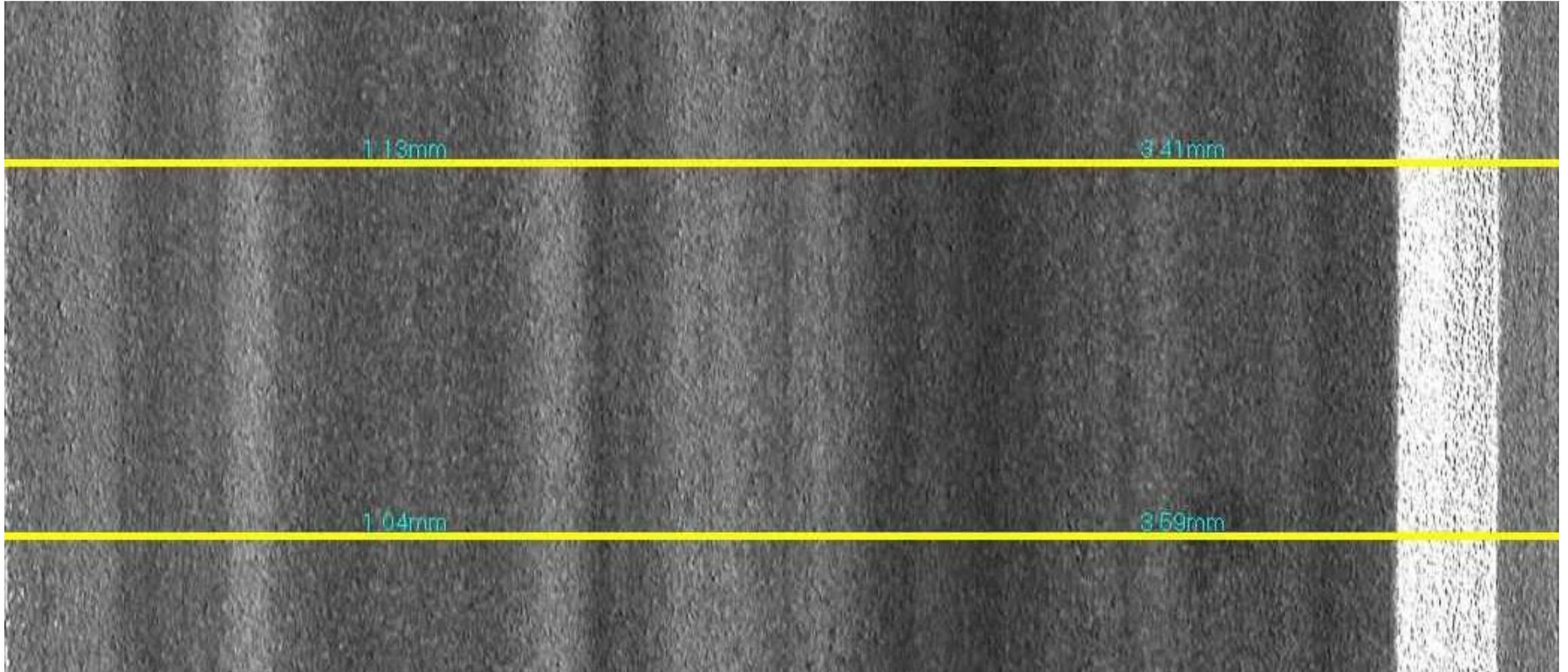
LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



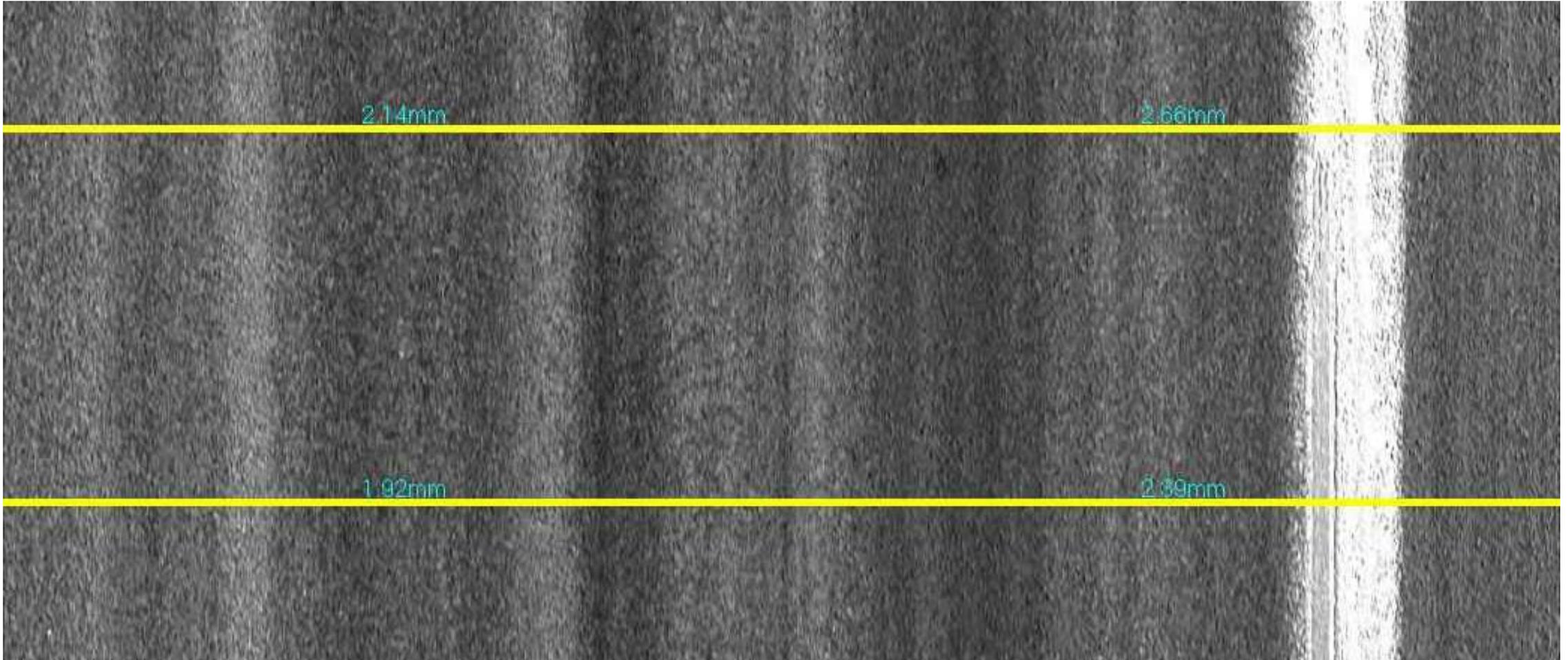
LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



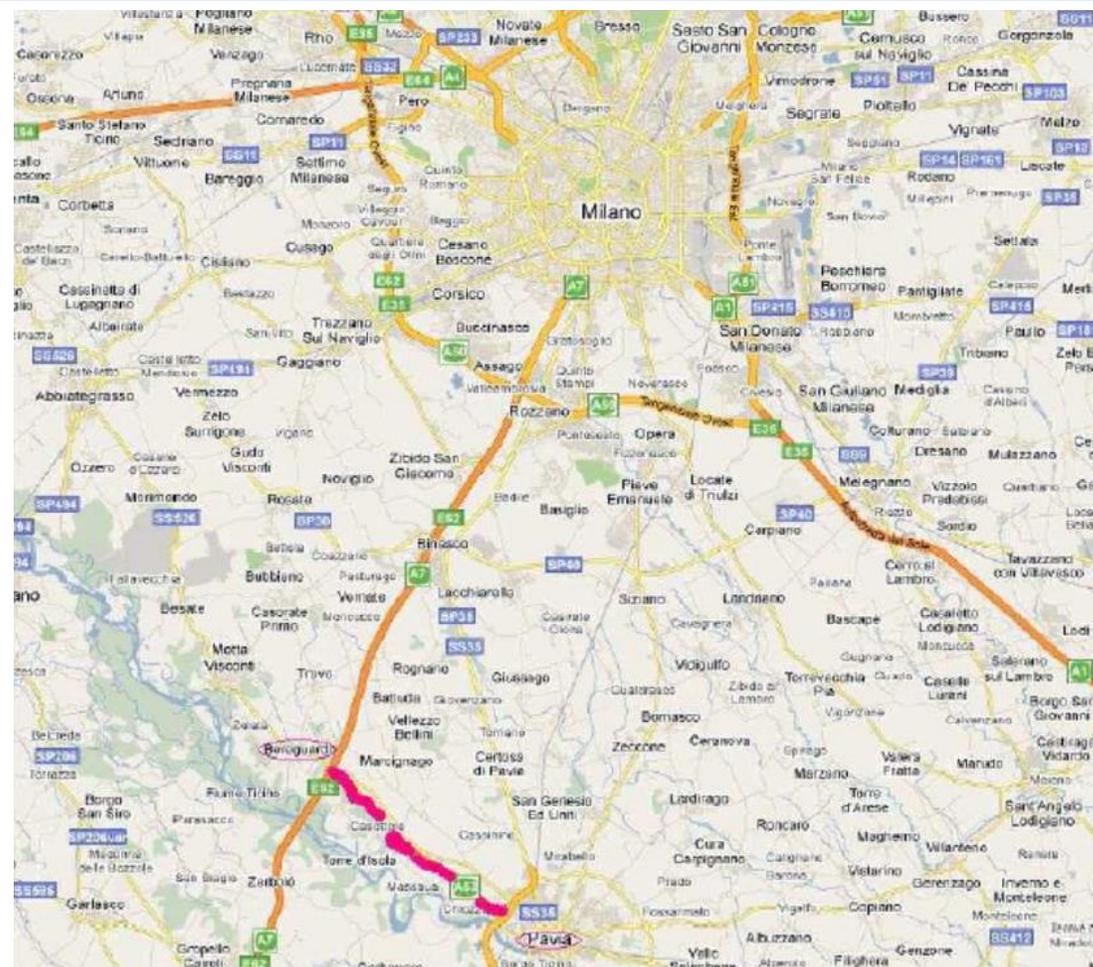
LE STRADE AL BIVIO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



Progetto di riqualifica del Raccordo Pavia – Bereguardo

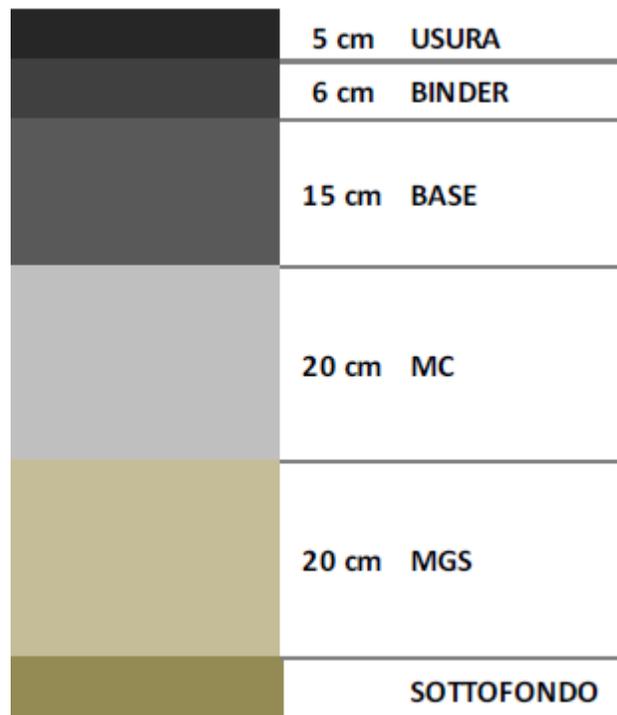
Il Raccordo collega il casello di Bereguardo, sull'Autostrada A7, e la Tangenziale Ovest di Pavia.

- Estensione: circa 9+200 km
- Tipologia: Strada tipo B Extraurbana Principale
- Data costruzione: fine anni '70
- Realizzazione: ANAS S.p.A.
- Gestione: Serravalle dal 1993

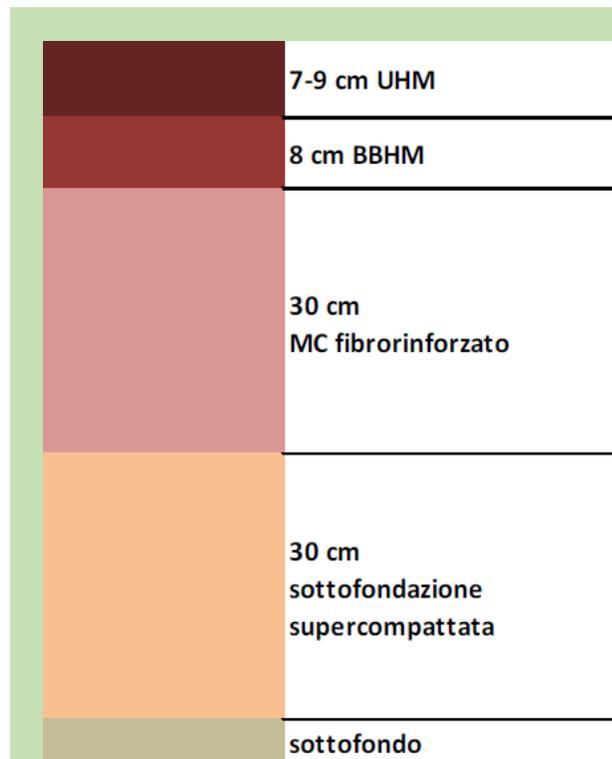


Progetto di riqualifica del Raccordo Pavia – Bereguardo

Intervento sulla corsia di marcia:



Soluzione di progetto



**Soluzione di progetto
migliorativa**

STRATO DI USURA (UHM)

- Miscela additivata con compound polimerici

STRATO DI BASE-BINDER (BBHM)

- Miscela additivata con polimeri e fibre;
- Rigenerante, additivante di adesione, migliore lavorabilità miscela, maggiore resistenza all'invecchiamento, suscettibilità termica minore

Progetto di riqualifica del Raccordo Pavia – Bereguardo



Stato attuale (Novembre 2021)

Soluzioni innovative e circolari per le pavimentazioni stradali
Alessandro Marradi – Università di Pisa - 16 Novembre 2021

Progetto di riqualifica del Raccordo Pavia – Bereguardo

Minori consumi di energia, materie prime e trasporti:

N° viaggi automezzi pesanti	Consumi carburante	Volume di Conglomerato Bituminoso	Volume di stabilizzati e misto cementato	Tempo
		 Asfalto	 Stabilizzati e MC	
- 4.000	- 72.000 litri	- 18.000 mc	- 40.000 mc	- 130 giorni

(Risparmi per 9 km di strada)

Conclusioni

FHWA-HIF-14-012 - PAVEMENT SUSTAINABILITY

Sustainability best practices for pavement structural design generally consist of:

- considering the **entire pavement life cycle** when making key decisions (economic, environmental, social, or other);
- using **innovative pavement types and materials** to address one or two key sustainability issues on a project;
- improving the structural design through the use of **new tools** or a better understanding of design parameters and performance.

Use **improved mechanistic-empirical (ME) pavement design procedures** can produce more efficient pavement designs with acceptable performance by better accounting for specific traffic, climate, and other design conditions for the project. ME design permits better integration of materials and pavement design, as well as better consideration of construction quality requirements

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Alessandro Marradi
Università di Pisa
alessandro.marradi@unipi.it