



COSTRUZIONE DI STRADE

Manutenzione stradale



MANUTENZIONE STRADALE

DEFINIZIONE:

La **manutenzione stradale** consiste nel complesso di operazioni tese a conservare nel tempo le caratteristiche funzionali e strutturali di una pavimentazione. Le prime comprendono l'aderenza al contatto ruota - piano viabile e la regolarità di quest'ultimo; le seconde, invece, si identificano nella portanza, cioè nella capacità della pavimentazione di sopportare carichi senza subire deformazioni elastiche o plastiche entro un certo limite.

È essenziale per:

- la conservazione del patrimonio viario;
- l'offerta di un servizio con adeguati livelli di sicurezza.



MANUTENZIONE STRADALE

La **manutenzione stradale** può essere classificata in:

- **ordinaria**, quella che comprende gli interventi di ripristino che non modificano il progetto originario, o **straordinaria**, quella che comprende interventi che, pur finalizzati al ripristino, presentano modifiche al progetto originale;
- **preventiva**, se è mirata a prevenire gli ammaloramenti, o **curativa**, se serve per correggere una situazione che presenta già difetti ed ammaloramenti;
- **superficiale**, se è rivolta al ripristino delle caratteristiche funzionali e riguarda gli strati superficiali del pacchetto, o **strutturale**, se è finalizzata al ripristino delle specifiche strutturali e interessa gli strati profondi.

Vita Utile: arco di tempo entro il quale l'opera mantiene la sua validità, ottenibile mediante il controllo dell'opera, la sua conservazione ed il suo ripristino

INDICATORI PRESTAZIONALI DELLO STATO MANUTENTIVO DI UNA PAVIMENTAZIONE

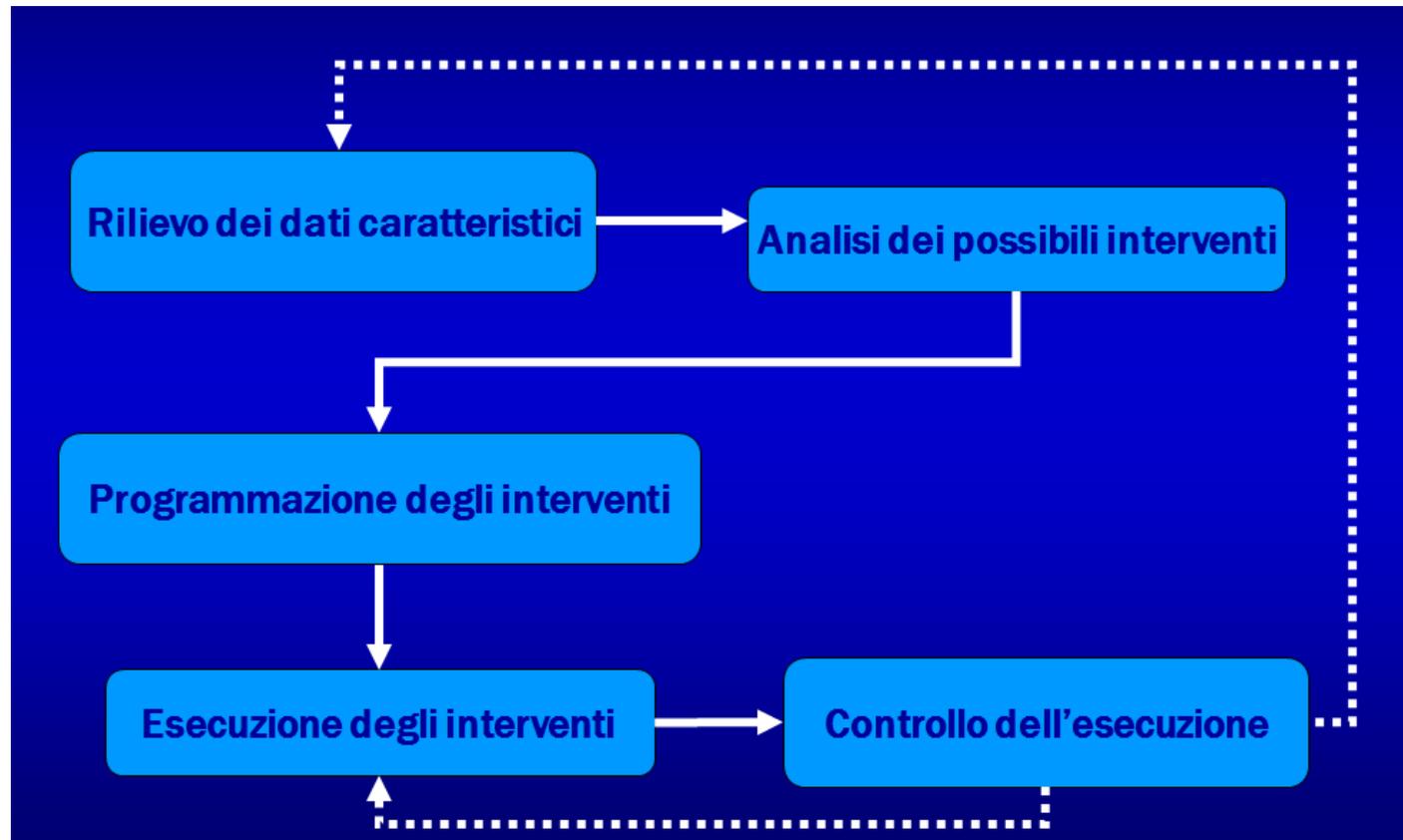
In letteratura è definito un elevato numero di indicatori dello stato di manutenzione di una pavimentazione stradale.

NOME	EQUAZIONE	PARAMETRI DI INPUT	SCALA DI VALUTAZIONE
PSI = Present Serviceability Index	$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 0.01 \cdot \sqrt{C + P} - 1.38 RD^2$	Slope Variance (SV): variazioni medie del profilo longitudinale; Rut Depth (RD): profondità media delle ormaie; (P): area buche e rappezzi; (C): area fessurata.	0 ÷ 5 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">↙</div> <div style="text-align: center;">↘</div> </div> Pessime condizioni Ottime condizioni
PSR = Pavement Serviceability Rating	PSR = f(comfort guida, regolarità)	Regolarità	Giudizio soggettivo sul comfort di guida da pessimo ad eccellente.
RCI = Riding Comfort Index	$RCI = a - b \cdot \log_{10} a_{eff}$	a_{eff} = accelerazione efficace, ampiezza oscillazioni subite dal veicolo	0 ÷ 10
PCR = Pavement Condition Rating	$PCR = 100 - \sum_{i=1}^n Deduct_i$	Deduct = f (tipologia dissesto, severità, estensione) → definizione di opportuni pesi	0 ÷ 100 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">↙</div> <div style="text-align: center;">↘</div> </div> Pessime condizioni Perfette condizioni

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 0.01 * \sqrt{C + P} - 1.38 RD^2$$

LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Pavement Management System (PMS) = insieme di attività coordinate volte all'ottimizzazione delle risorse finanziarie disponibili per assicurare sicurezza ed efficienza

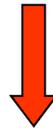


LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

1. Fase di rilievo dei dati

È mirata alla creazione di una banca dati che raccoglie tutte le informazioni relative alla rete stradale in esame. È una fase estremamente importante, in quanto un rilevamento errato può inficiare pesantemente il risultato finale.

Deve comprendere sia i **dati storici**, sia quelli derivanti dalle **rilevazioni periodiche**.



Riguardano tutti i dati di progetto e quelli relativi agli interventi attuati in precedenza sulla rete esaminata, compresi quelli di manutenzione. È, quindi, necessario acquisire la geometria dell'asse, la sezione trasversale, le condizioni del piano viabile, le specifiche della pavimentazione e del sottofondo in termini di spessori e materiali costituenti, le condizioni meteorologiche della zona dove è ubicata la strada oggetto di studio, l'incidentalità ed il traffico del tratto in esame.



LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

1. Fase di rilievo dei dati

È mirata alla creazione di una banca dati che raccoglie tutte le informazioni relative alla rete stradale in esame. È una fase estremamente importante, in quanto un rilevamento errato può inficiare pesantemente il risultato finale.

Deve comprendere sia i **dati storici**, sia quelli derivanti dalle **rilevazioni periodiche**.



Servono per aggiornare i dati storici relativi a quei parametri che nel tempo subiscono variazioni o decadimenti come, ad esempio, i volumi e le componenti di traffico circolante, la sinistrosità, gli ammaloramenti della superficie stradale.



LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

1. Fase di rilievo dei dati

È mirata alla creazione di una banca dati che raccoglie tutte le informazioni relative alla rete stradale in esame. È una fase estremamente importante, in quanto un rilevamento errato può inficiare pesantemente il risultato finale.

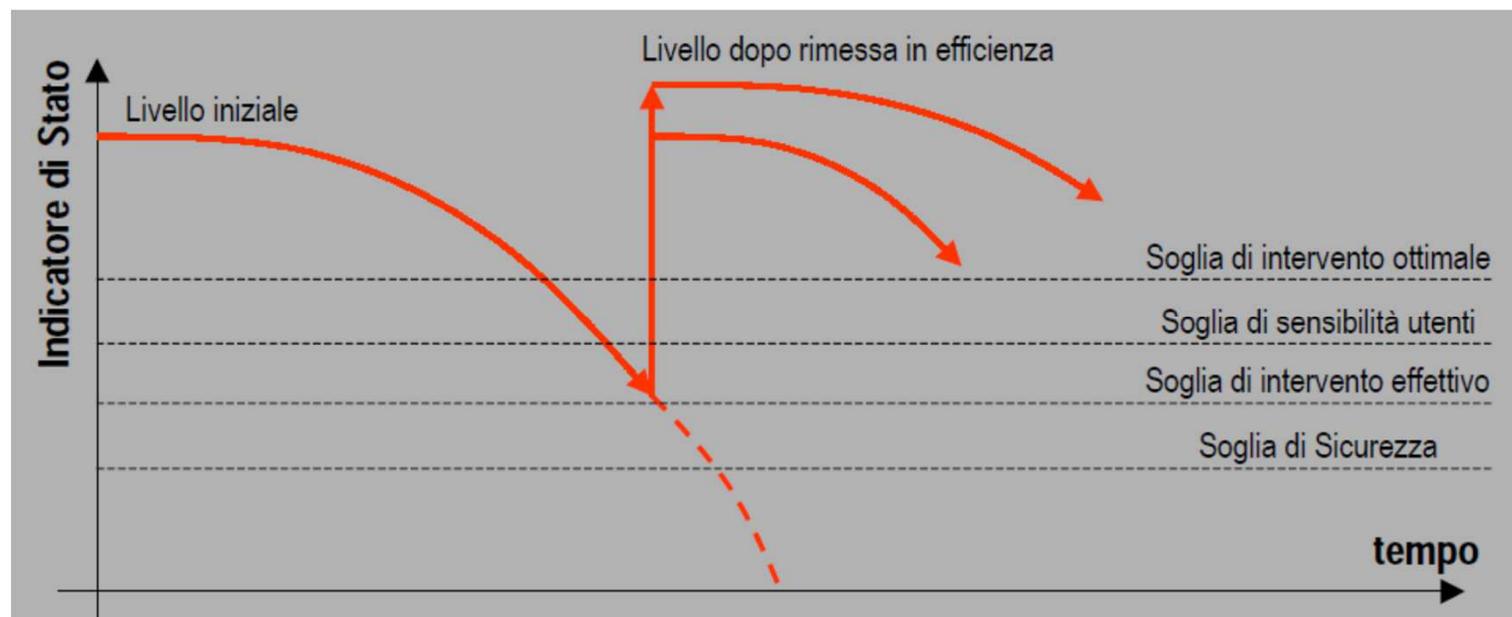
Deve comprendere sia i **dati storici**, sia quelli derivanti dalle **rilevazioni periodiche**.

Per ottenere dati significativi, un aspetto importante è quello della scelta delle **sezioni omogenee**, ossia dei tratti per i quali si può supporre che i parametri fondamentali (portanza, aderenza, regolarità) siano praticamente costanti.



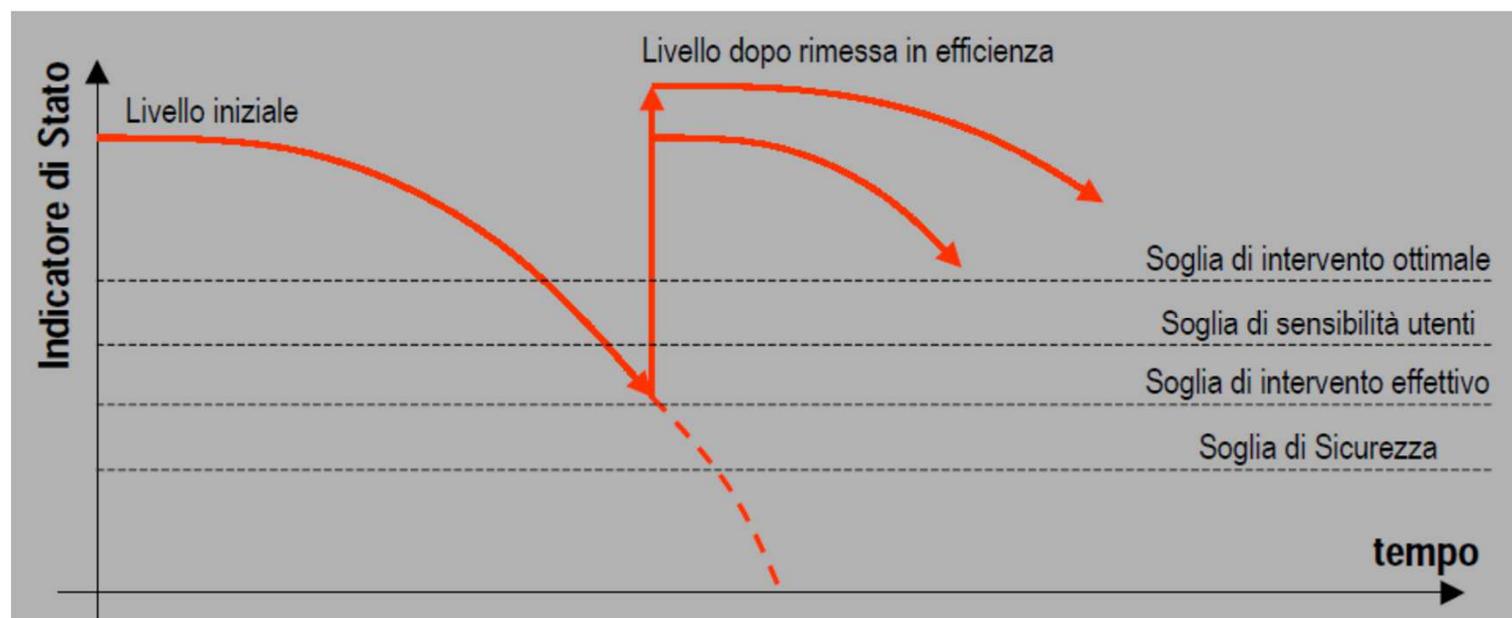
LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Per tradurre i dati ricavati dal rilievo in una valutazione obiettiva della pavimentazione si utilizza il concetto di **curva di decadimento**. È un grafico che rappresenta il livello di degrado dell'indicatore esaminato, riportato sull'asse delle ordinate, in funzione del tempo, riportato sulle ascisse, e ne definisce le possibili soglie di intervento.



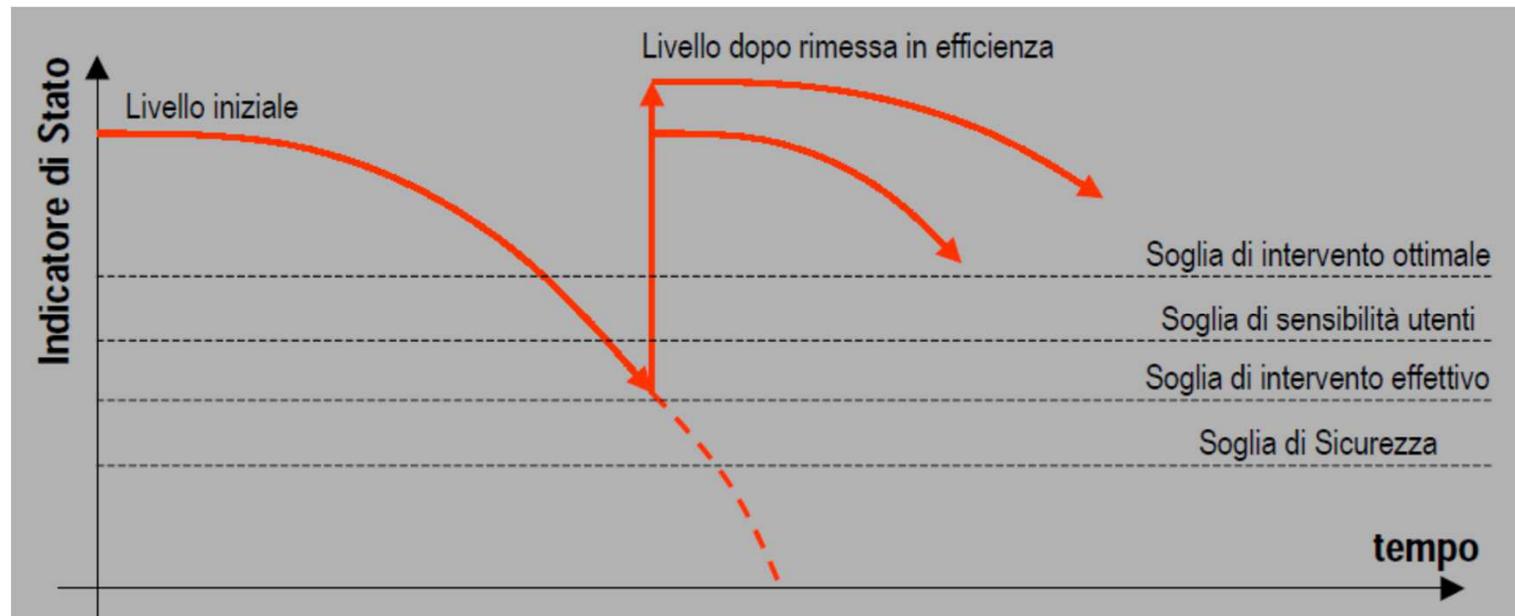
LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Il **livello iniziale** corrisponde al momento dell'apertura al traffico della strada, nel quale l'indicatore di stato assume il valore massimo.



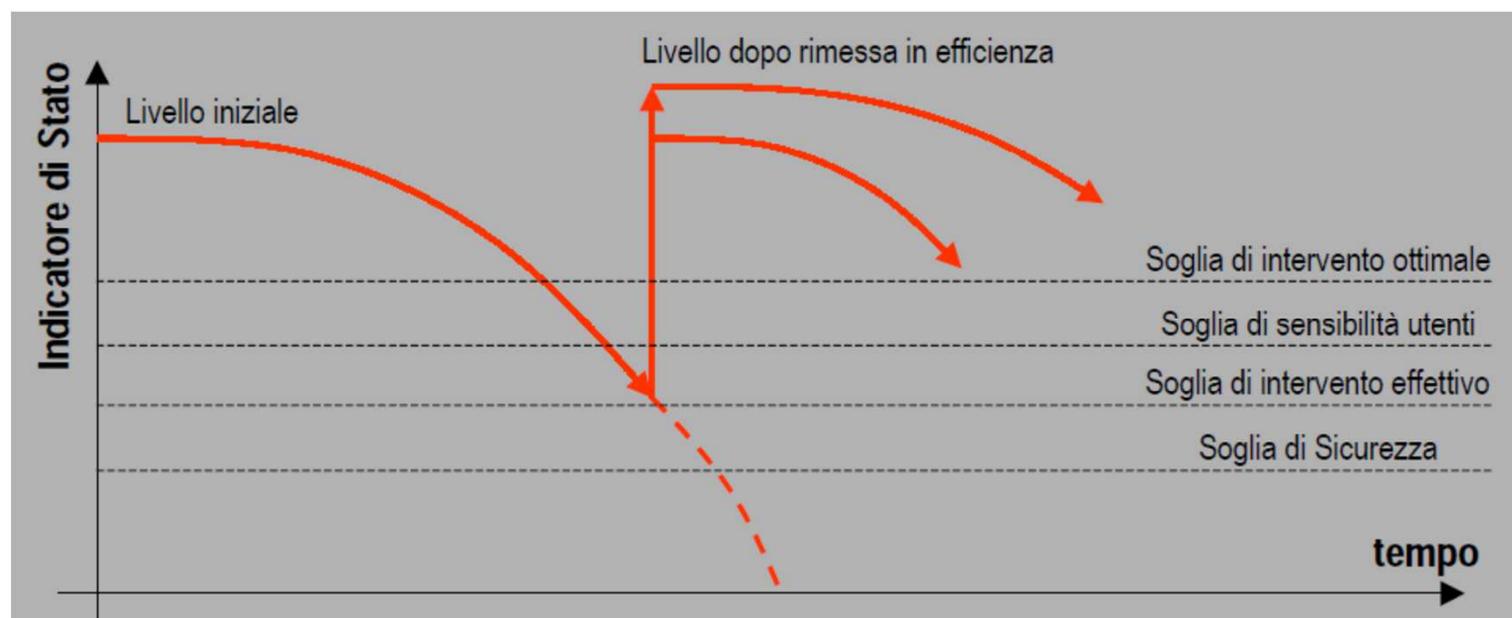
LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Partendo dal livello iniziale le condizioni della pavimentazione iniziano a deteriorarsi a causa del passaggio del traffico veicolare, fino ad arrivare alla **soglia di allarme**. In corrispondenza di quest'ultima l'indicatore di stato ha assunto un valore tale che la necessità di manutenzione non è imminente, ma è vicina.



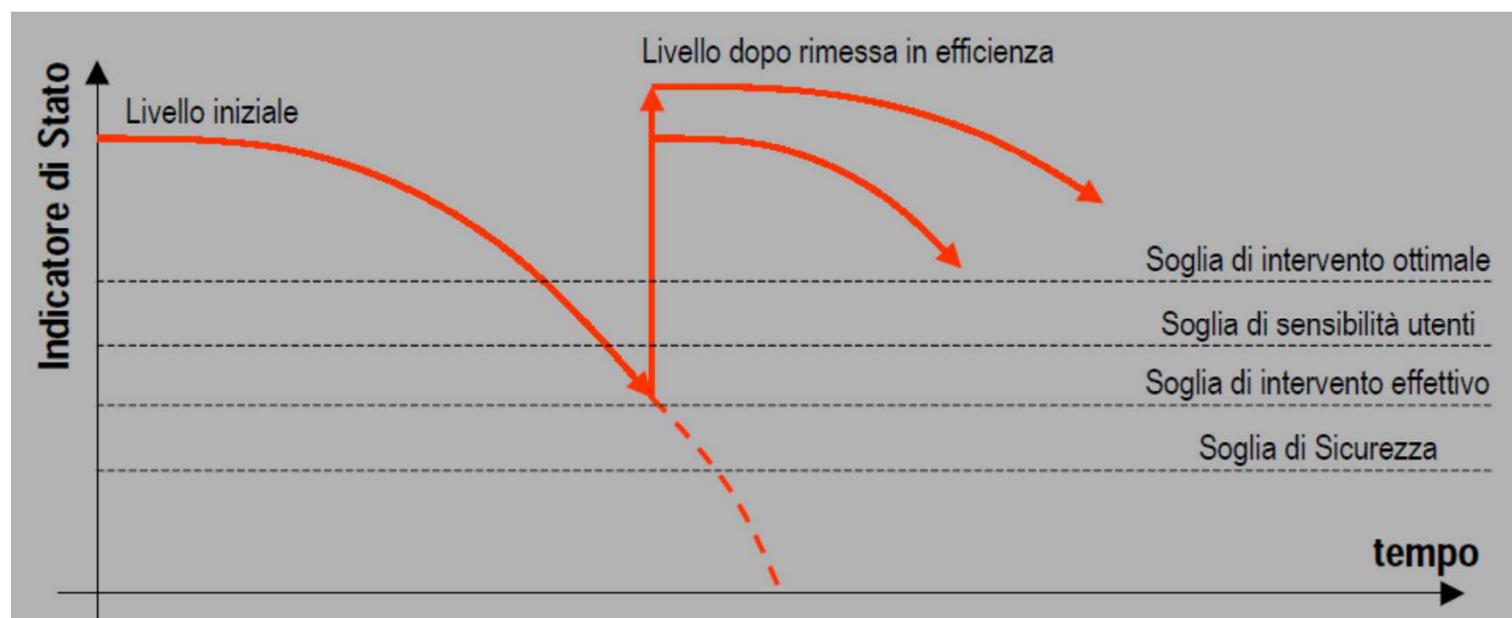
LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Il momento migliore per intervenire è quello corrispondente alla **soglia di intervento ottimale**, alla quale l'ammaloramento del piano viabile si risolve con interventi di manutenzione ordinaria, raggiungendo il giusto compromesso tra esigenze di sicurezza e costi.



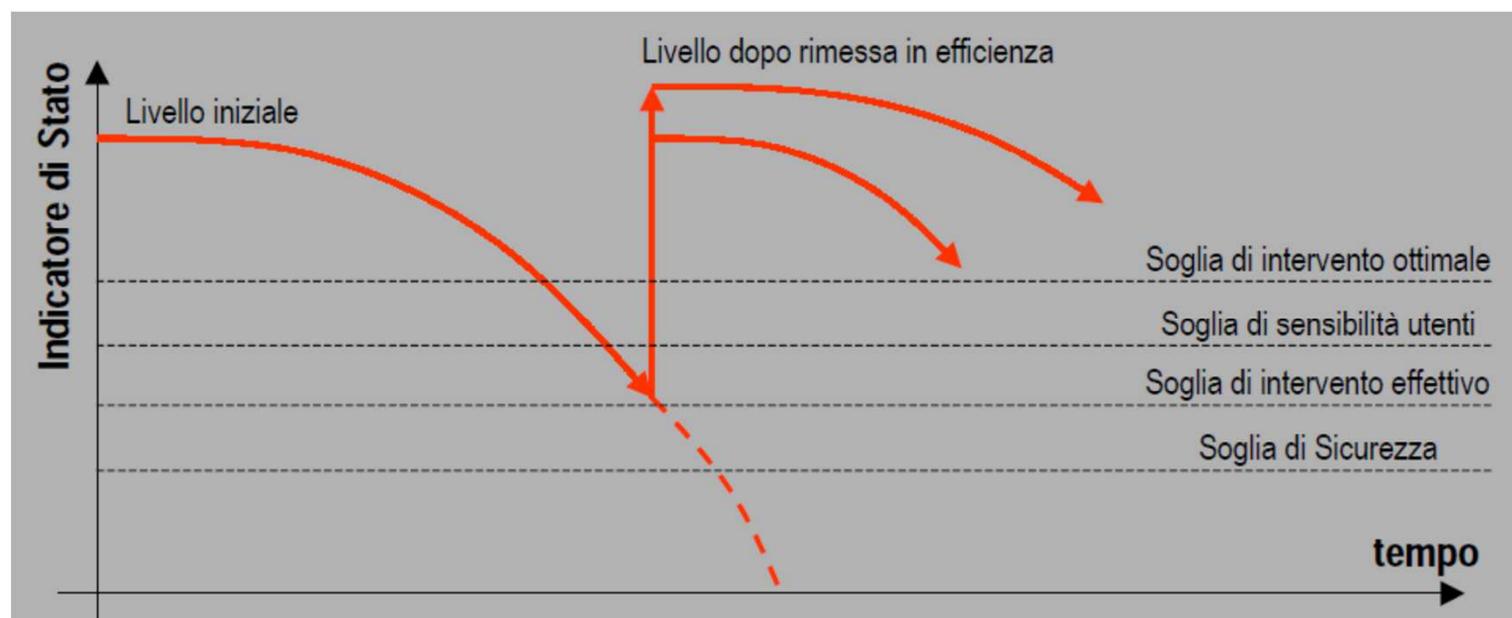
LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Se non si interviene, il valore dell'indicatore decade ulteriormente fino ad arrivare alla **soglia di sensibilità utenti**, in corrispondenza della quale il degrado è tale da essere percepito dall'utenza.



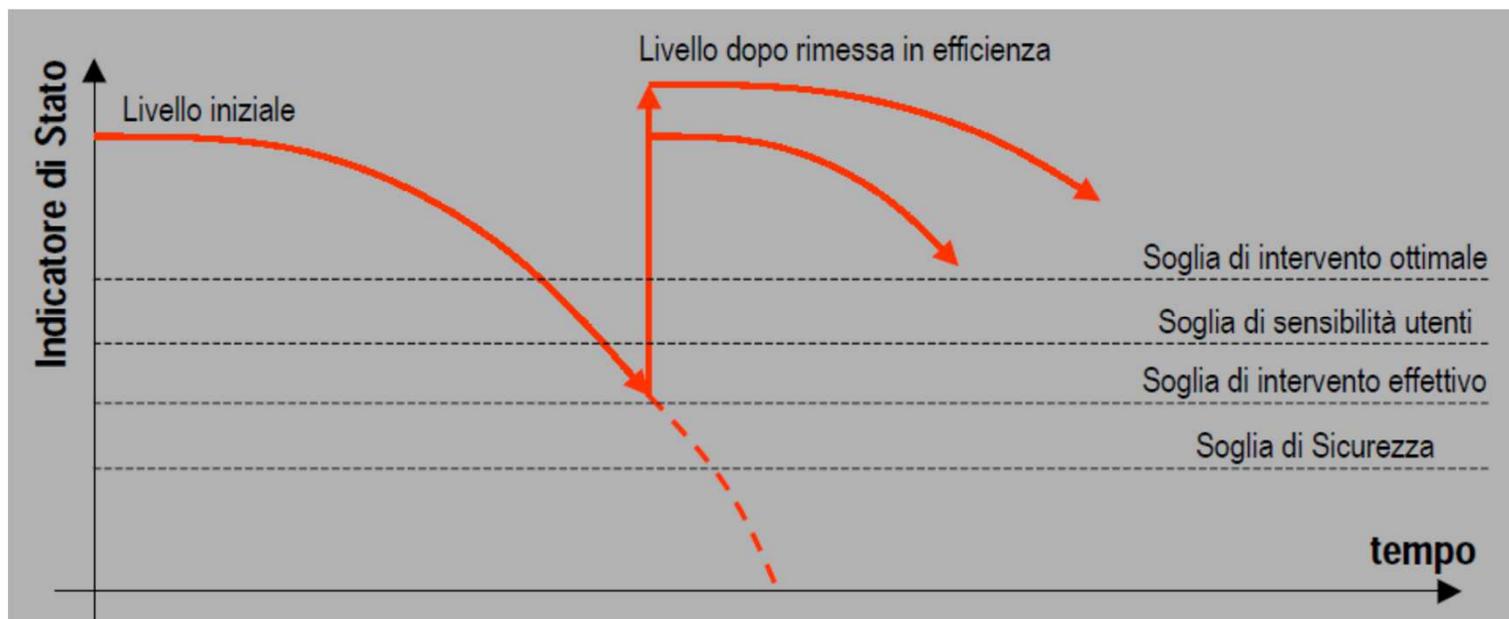
LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

Se si rimanda ancora l'intervento, si raggiunge la **soglia di intervento effettivo** alla quale l'intervento è necessario, pena una drastica riduzione della sicurezza di circolazione.



LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

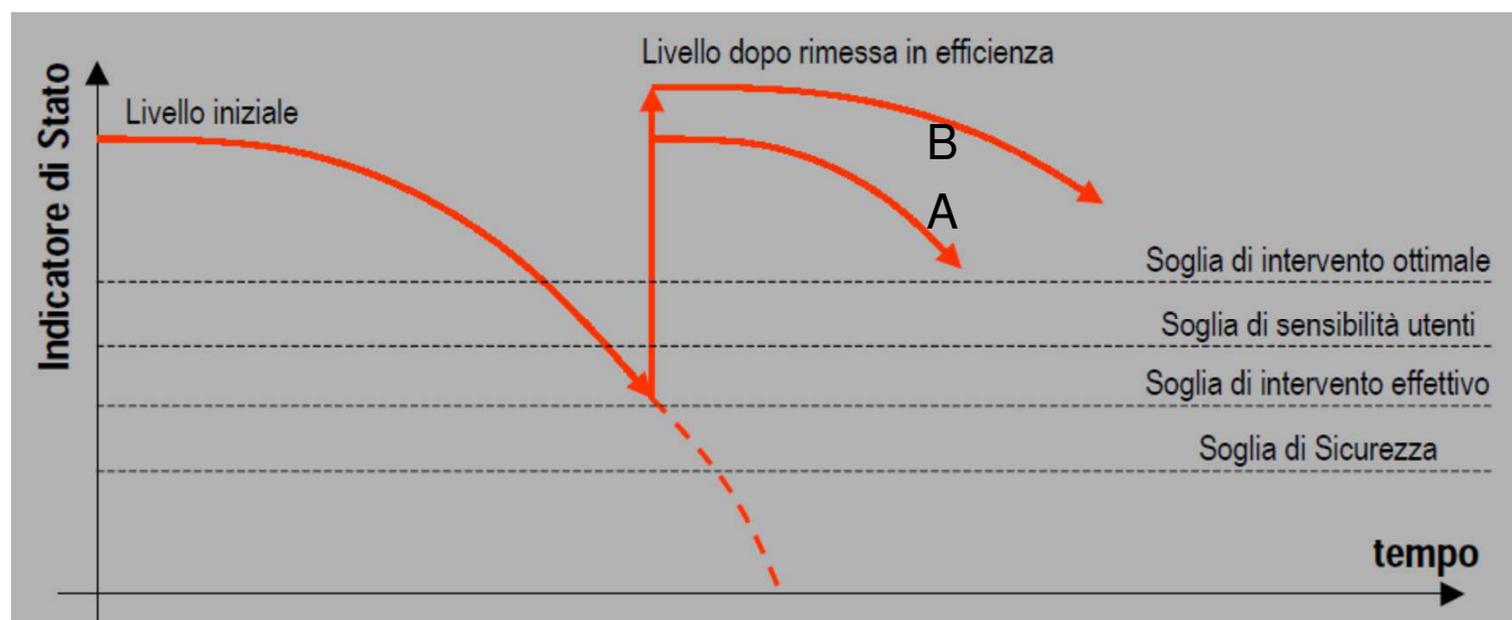
La **soglia** successiva è quella **di sicurezza**, alla quale il degrado ha raggiunto un livello tale da provocare un'incidentalità superiore alla media. Se si trascura ancora la situazione, si arriva alla **soglia legale** in corrispondenza della quale l'ente proprietario della strada ha una responsabilità giuridica nei confronti dell'utenza.



LA PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE STRADALE

A – intervento di ripristino

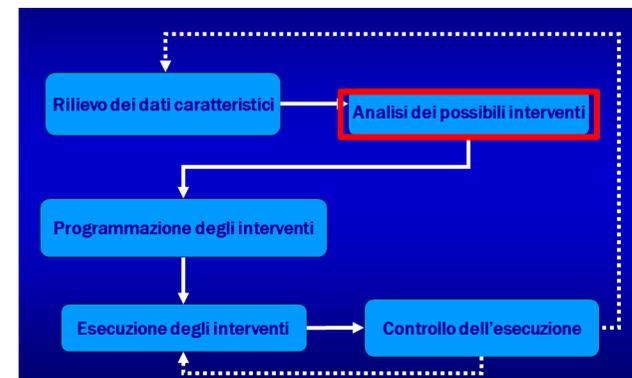
B – intervento con valore aggiunto



2. Fase di analisi dei possibili interventi

È mirata alla determinazione del come intervenire, cioè alla ricerca delle soluzioni e delle tecniche da adottare per i degradi rilevati sulla pavimentazione oggetto di studio.

La scelta non è dettata esclusivamente da motivi tecnici, ma deve tener conto di numerosi fattori quali le condizioni al contorno, i materiali e le macchine disponibili, i tempi consentiti per l'intervento.



2. Fase di analisi dei possibili interventi

Per ricercare la tecnica di manutenzione più efficace, è necessario definire prima il **tipo di procedimento da adottare** poi la **tipologia di intervento**.

Relativamente al primo punto si può procedere con l'aggiunta di nuovi strati al pacchetto stradale, oppure si può sostituire quelli esistenti ammalorati. Nel primo caso è necessario risolvere eventuali problemi connessi all'aumento della quota del piano viabile (problemi di livellette, marciapiedi, tombini) molto frequenti soprattutto in ambito urbano.

Per quanto riguarda la tipologia di intervento di manutenzione deve essere scelta in funzione del degrado rilevato.



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

Parametri che influenzano il degrado di una pavimentazione

Materiali impiegati e posa in opera:

natura degli aggregati;
tipo di bitume;
tipo di miscela bituminosa;
spessori;
temperature di posa;
modalità di compattazione;
condizioni del sottofondo;
condizioni superficiali di drenaggio.

Condizioni di traffico:

n. di assi standard transitanti;
frequenze;
velocità dei carichi.

Condizioni climatiche:

T max e min;
fenomeni di gelo e disgelo.

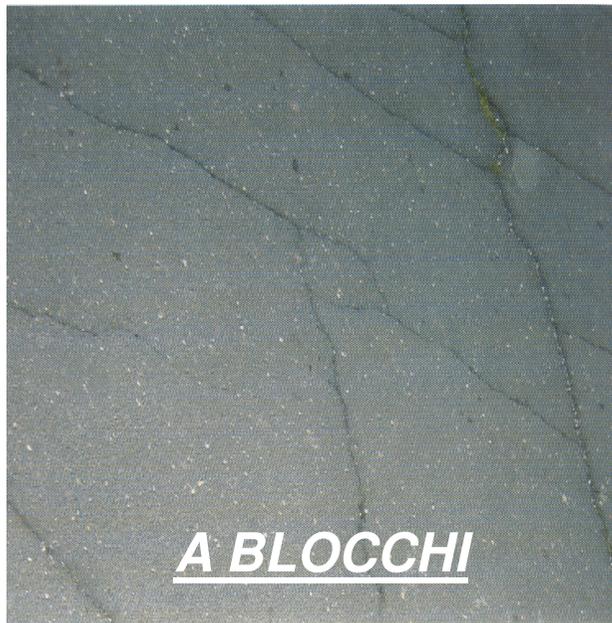
PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

REGOLARITÀ	ADERENZA	PORTANZA
Ondulazioni longitudinali	Levigatura degli inerti	Fessurazione longitudinali e trasversali
Ondulazioni trasversali	Rifluimenti di bitume	Fessurazioni ramificate
Depressioni e rigonfiamenti localizzati	Disgregazione e distacco di inerti	Cedimenti su estese superfici
Avvallamenti	Buche superficiali	Buche profonde
Rottura del bordo		Depressioni localizzate
Fessurazioni a blocchi		

PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

FESSURAZIONI

Si sviluppano a causa degli sforzi di trazione indotti negli strati legati a bitume dal carico veicolare, dalle variazioni di temperatura e dalle tecniche costruttive.



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

FESSURAZIONI

POSSIBILI CAUSE:

- ECCESSIVA RIGIDEZZA DEGLI STRATI SUPERFICIALI
- RITIRO TERMICO DIFFERENZIALE
- PROPAGAZIONE DELLA FESSURAZIONE DEGLI STRATI PORTANTI
- ERRORE NEL DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA

INTERVENTI:

- SIGILLATURA
- TRATTAMENTI SUPERFICIALI
- FRESATURA SUPERFICIALE E PROFONDA CON RIFACIMENTO DEL MANTO
- RAFFORZAMENTO DELLA FONDAZIONE



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

FESSURAZIONI

POSSIBILI INTERVENTI DI MANUTENZIONE:

- sigillatura
- trattamenti superficiali
- fresatura superficiale e profonda con rifacimento del manto
- rafforzamento della fondazione



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

ONDULAZIONI

Sono cedimenti generalizzati del piano viabile con profilo “tipo onda” che possono svilupparsi nelle direzioni longitudinale e trasversale della carreggiata pregiudicando la regolarità della pavimentazione.



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

ONDULAZIONI

POSSIBILI CAUSE:

- scarsa resistenza meccanica degli strati legati
- plasticizzazione dei conglomerati bituminosi
- bassa portanza del terreno di sottofondo e/o degli strati di base e fondazione

POSSIBILI INTERVENTI DI MANUTENZIONE:

- nuovo strato di usura senza fresatura
- fresatura superficiale e profonda con rifacimento del manto
- rafforzamento della fondazione

PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

CEDIMENTI

Sono depressioni localizzate oppure su vaste aree del piano viabile con profondità massima pari a 8÷10 cm e dotate anche di eventuali lesioni e fessurazioni.



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

CEDIMENTI

POSSIBILI CAUSE:

- scarsa qualità delle miscele bituminose
- strati in conglomerato bituminoso dimensionati non correttamente
- insufficiente compattazione
- eventuali carichi pesanti eccessivi localizzati

POSSIBILI INTERVENTI DI MANUTENZIONE:

- nuovo strato di usura senza fresatura
- fresatura superficiale e/o profonda con rifacimento del manto
- rafforzamento della fondazione

PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

DISSESTI

Sono deformazioni plastiche dello strato di usura che causano la rottura del piano viabile con separazione degli aggregati ed affioramento del materiale lapideo.



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

DISSESTI

POSSIBILI CAUSE:

- Formulazione non corretta della miscela (dosi sbagliate per filler e legante)
- Cattiva esecuzione dei lavori (rullatura a freddo)
- Apertura precoce al traffico
- Incremento non preventivato del traffico

POSSIBILI INTERVENTI DI MANUTENZIONE:

- Nuovo strato di usura senza fresatura
- Fresatura superficiale con rifacimento del manto

PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

BUCHE

Sono avvallamenti localizzati con profondità non superiore a 5 cm soggetti alla perdita dell'aggregato per effetto dell'acqua meteorica e del traffico.



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

BUCHE

POSSIBILI CAUSE:

- Scarsa percentuale del bitume
- Rapida perdita delle proprietà elastiche da parte del legante
- Formulazione sbagliata della miscela
- Aggregato non pulito o idrofilo

POSSIBILI INTERVENTI DI MANUTENZIONE:

- Riempimento o rappezzo
- Nuovo strato di usura senza fresatura
- Fresatura superficiale con rifacimento del manto

PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

DEGRADI DELL'ADERENZA

Sono degradi che compromettono le caratteristiche di macrorugosità e microrugosità per effetto della levigatura degli inerti ad opera dei veicoli oppure a causa dell'emersione del legante dallo strato di usura.



PRINCIPALI AMMALORAMENTI DI UNA SOVRASTRUTTURA STRADALE FLESSIBILE

DEGRADI DELL'ADERENZA

POSSIBILI CAUSE:

- Utilizzo di aggregato con grani a bassa resistenza abrasiva
- Eccessiva contenuto di legante e filler
- Bassa viscosità del legante

POSSIBILI INTERVENTI DI MANUTENZIONE:

- Irruvidimento meccanico
- Trattamento superficiale
- Fresatura superficiale con rifacimento del manto



INTERVENTI DI MANUTENZIONE PER UNA SOVRASTRUTTURA FLESSIBILE

- tecniche di rigenerazione dell'aderenza;
- trattamenti superficiali;
- tappeti superficiali;
- sigillatura e riempimento delle fessure;
- rappezzi.



TECNICHE DI RIGENERAZIONE DELL'ADERENZA

Le **tecniche di rigenerazione dell'aderenza** possono essere suddivise in:

- quelle che non prevedono l'apporto di nuovo materiale (idropulitura a pressione, sabbiatura o irradiazione, bocciardatura, pallinatura);
- quelle che prevedono l'apporto di nuovo materiale (trattamenti e tappeti superficiali).

IDROPULITURA A PRESSIONE

La pulizia della pavimentazione avviene per mezzo di getti d'acqua in pressione fino a qualche centinaio di atmosfere.

Quest'ultima, in particolare, non deve risultare troppo elevata altrimenti si rischia di asportare il conglomerato bituminoso.

Vantaggi:

- Permette l'asportazione di residui di pneumatici e segnaletica dalla pavimentazione
- Dilava le particelle di fumi, polveri e terreno



SABBIATURA O IRRADIATURA

Avviene per proiezione violenta di materiale abrasivo mediante aria compressa. L'effetto abrasivo può avere diversa intensità a seconda della quantità di materiale che si vuole asportare e della rugosità che si vuole ottenere. Il materiale proiettato, assieme alle polveri prodotte, deve essere poi recuperato



Vantaggi:

- Ravvivamento della tessitura superficiale del conglomerato bituminoso
- Ripristino della rugosità e dell'aderenza
- Può venire eseguito in qualsiasi stagione ed in presenza del traffico veicolare

TECNICHE DI RIGENERAZIONE DELL'ADERENZA



BOCCIARDATURA

È un trattamento di irruvidimento della superficie stradale realizzato mediante utensili fresanti che scalfiscono la pavimentazione provocando una serie di striature longitudinali. È importanti che queste ultime non superino la profondità di 5 mm e non siano tutti disposti in un'unica direzione longitudinalmente all'asse stradale, in modo da consentire il drenaggio delle acque meteoriche che si raccolgono sulla pavimentazione.

TECNICHE DI RIGENERAZIONE DELL'ADERENZA



BOCCIARDATURA

Vantaggi:

- Superficie uniforme e regolare dopo il trattamento
- Si evita la formazione di scalini e affossamento
- Segue l'andamento della pavimentazione anche in presenza di ormaie

TECNICHE DI RIGENERAZIONE DELL'ADERENZA



PALLINATURA

Permette la rimozione delle parti tenere del conglomerato bituminoso per effetto dell'urto sulla pavimentazione di palline di acciaio con diametro 0.8÷1.2 mm.

Vantaggi:

- Ripristino delle macrorugosità e microrugosità superficiale
- Buona drenabilità
- Riduzione del rumore da rotolamento

TRATTAMENTI SUPERFICIALI

I **trattamenti superficiali** consistono in un irruvidimento del manto stradale effettuato con inerti di elevate caratteristiche di resistenza all'abrasione ed all'urto e con leganti bituminosi applicati a caldo o a freddo (emulsioni bituminose) sulla pavimentazione esistente.

I leganti devono presentare caratteristiche di viscosità tali per cui la spruzzatura avvenga in modo omogeneo per un'uniforme copertura della superficie e devono avere un comportamento reologico tale da garantire una solida adesione con gli inerti e con la pavimentazione di supporto, ed un'elevata resistenza agli sforzi normali e tangenziali.

Gli inerti devono essere caratterizzati da elevata resistenza meccanica. Devono essere frantumati, puliti, esenti da polveri o da materiali estranei. La perdita in peso alla prova di abrasione Los Angeles deve essere inferiore al 20% ed il coefficiente di levigabilità accelerata deve essere maggiore o uguale a 0,45. Si utilizzano preferibilmente materiali naturali quali i basalti, le porfiriti, le dioriti ed alcuni inerti alluvionali.

TRATTAMENTI SUPERFICIALI

I **trattamenti superficiali** possono essere applicati in diversi modi:

1. monostrato con monogranigliatura, per strade di modesto traffico;
2. monostrato con doppia granigliatura, per strade di medio traffico;
3. bistrato con doppia granigliatura, per strade di elevato traffico.

Il trattamento con monostrato e monogranigliatura viene preferibilmente effettuato con emulsioni bituminose a freddo, mentre quello bistrato e doppia granigliatura viene preferibilmente effettuato con bitume semisolido a caldo.

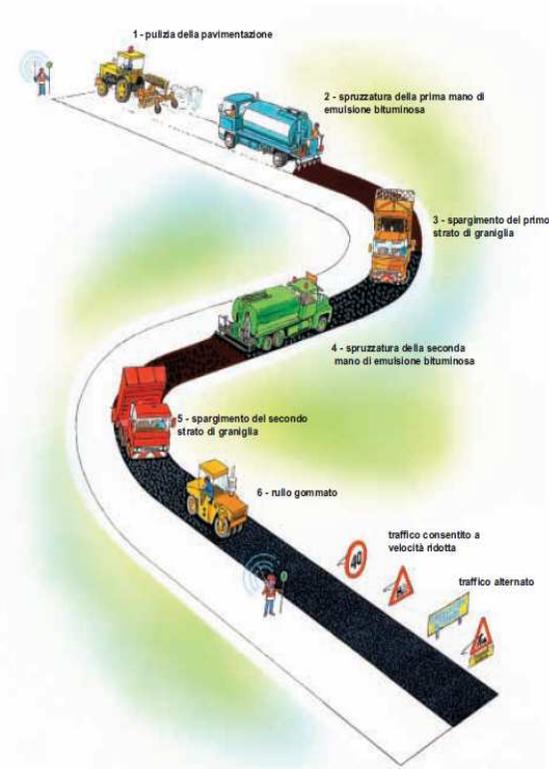
TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Le fasi applicative di un **trattamento superficiale** sono le seguenti:

- pulizia della superficie stradale con la motospazzatrice aspirante;
- applicazione del legante con la spruzzatrice;
- applicazione della graniglia con lo spandigraniglia;
- compattazione con rullo;



TRATTAMENTO MONOSTRATO



TRATTAMENTO DOPPIO STRATO

TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Le fasi applicative di un **trattamento superficiale** sono le seguenti:

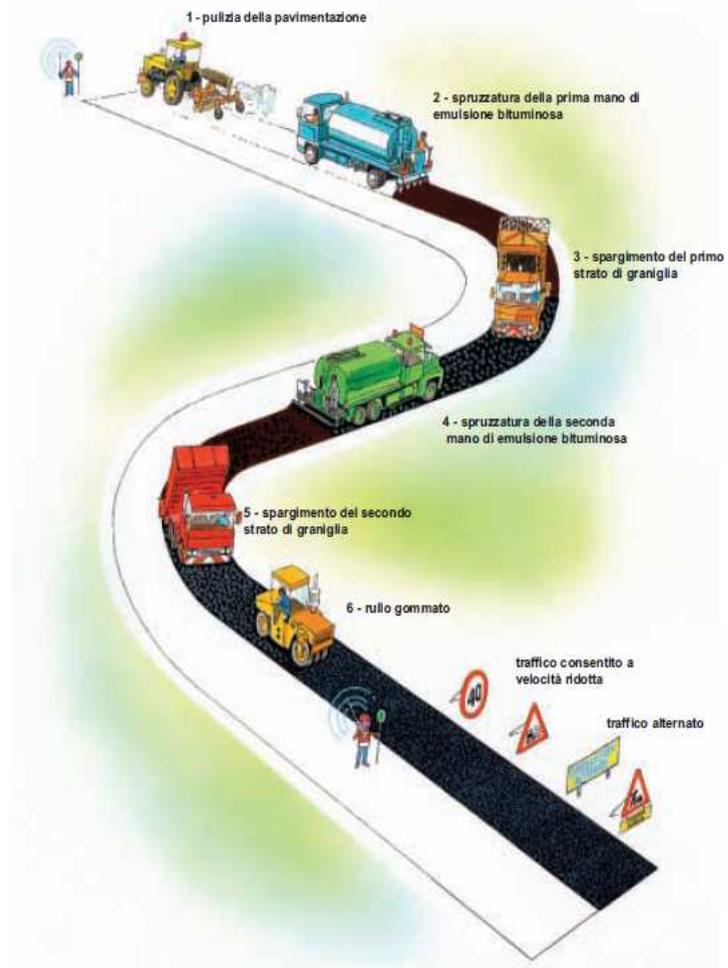
- seconda applicazione di legante (nella tecnologia del bistrato con doppia granigliatura);
- seconda applicazione della graniglia (nella tecnologia del bistrato con doppia granigliatura ed in quella del monostrato con doppia granigliatura);
- seconda compattazione con rullo;
- eliminazione della graniglia in eccesso con la motospazzatrice aspirante.



TRATTAMENTI SUPERFICIALI



TRATTAMENTO MONOSTRATO



TRATTAMENTO DOPPIO STRATO

TRATTAMENTI SUPERFICIALI

La perfetta riuscita dei **trattamenti superficiali** dipende in misura rilevante dall'idoneità delle macchine utilizzate che sono principalmente:

- la motospazzatrice aspirante: deve essere di tipo semovente e le spazzole non devono essere metalliche per limitare l'asportazione della pellicola di bitume che riveste gli inerti. L'aspirazione deve garantire la raccolta di elementi fini presenti sulla pavimentazione;



TRATTAMENTI SUPERFICIALI

La perfetta riuscita dei **trattamenti superficiali** dipende in misura rilevante dall'idoneità delle macchine utilizzate che sono principalmente:

- la cisterna spruzzatrice: deve essere in grado di mantenere il legante ad una temperatura prefissata durante tutto il periodo esecutivo. Particolare attenzione deve essere rivolta alla barra di spruzzaggio che deve essere dotata di ugelli tali da distribuire il legante secondo in modo uniforme;



TRATTAMENTI SUPERFICIALI

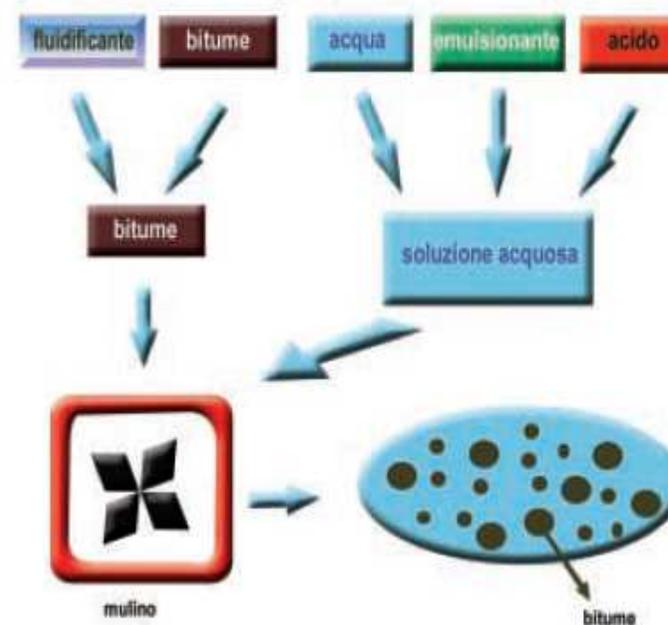
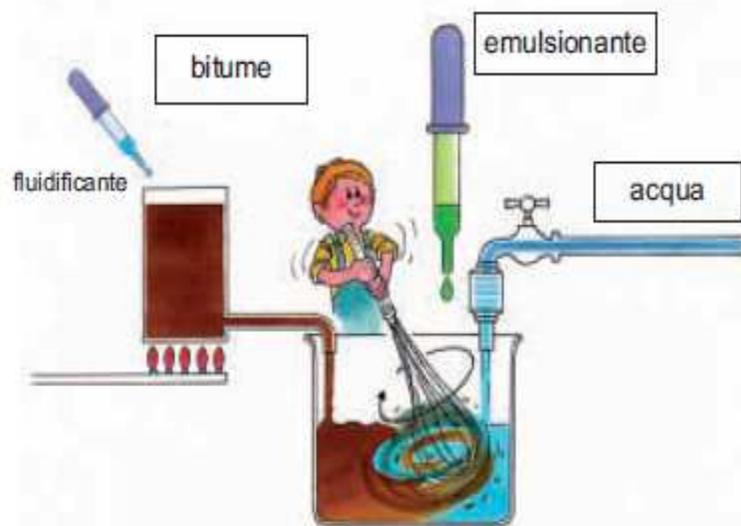
La perfetta riuscita dei **trattamenti superficiali** dipende in misura rilevante dall'idoneità delle macchine utilizzate che sono principalmente:

- la spandigraniglia, che deve essere in grado di assicurare la distribuzione degli aggregati in maniera uniforme e continua secondo le quantità prestabilite;
- il rullo: deve essere di tipo vibrante da 60 kN (6 t) a cilindro metallico rivestito di gomma oppure di tipo gommato.



TRATTAMENTI SUPERFICIALI

EMULSIONE BITUMINOSA: dispersione di bitume in acqua, è classificato sulla base del contenuto di bitume e della velocità di rottura con la quale si separa il bitume dall'emulsione dopo che questa è venuta a contatto con l'aggregato



Produzione di emulsione bituminosa tradizionale (Cationica)

TAPPETI SUPERFICIALI

Un **tappeto superficiale** consiste nella stesa di un nuovo strato di usura, in aggiunta a quello esistente

TIPOLOGIE REALIZZATE:

- Strato in conglomerato bituminoso tradizionale
- Strato in conglomerato bituminoso drenante
- Microtappeto drenante con argilla espansa
- Microtappeti drenanti additivati con fibre di vetro
- Microtappeto a freddo (slurry seals)
- Splittmastix asphalt (SMA)



TAPPETI SUPERFICIALI

Un **tappeto superficiale tradizionale a caldo** è caratterizzato da spessori variabili da 1.5 a 3 cm, ed è confezionato con bitumi modificati.



TAPPETI SUPERFICIALI

I **tappeti superficiali drenanti e fonoassorbenti**, grazie all'elevata percentuale di vuoti che caratterizza la loro miscela sono in grado di assorbire il rumore di rotolamento prodotto dal passaggio dei veicoli e di fornire ottime prestazioni drenanti, in quanto riescono ad allontanare velocemente dal piano viabile le acque meteoriche che vi si raccolgono sopra, evitando fenomeni come l'acquaplaning molto pericolosi in termini di sicurezza stradale.

Sono caratterizzati da una curva granulometrica discontinua, costituita da inerte grosso quasi monogranulare. Gli aggregati devono essere frantumati, resistenti all'abrasione e all'urto ($LA < 20\%$), resistenti all'usura ed al levigamento ($CLA > 0,40$), duri, tenaci, scabrosi, a spigoli vivi e non levigati.

Il bitume deve essere di tipo modificato, con elevate caratteristiche di adesione e coesione per compensare, in termini di resistenza meccanica complessiva, alle carenze strutturali derivanti da un elevato volume di vuoti.

TAPPETI SUPERFICIALI

Tappeti superficiali drenanti e fonoassorbenti

Per ottenere un'azione drenante ottimale è molto importante che prima della stesa sia verificata l'efficienza delle opere di smaltimento delle acque presenti ai fianchi della sovrastruttura stradale, per assicurare il corretto allontanamento delle acque drenate dal piano viabile, e che sia effettuata una corretta preparazione del piano di posa mediante risagomatura nei punti in cui non sono rispettate le pendenze trasversali.

Una volta in opera, inoltre, è di fondamentale importanza un piano di manutenzione efficiente ed efficace per evitare l'occlusione dei pori da parte delle polveri e dei detriti che si raccolgono sulla pavimentazione.



TAPPETI SUPERFICIALI

Tappeti superficiali drenanti e fonoassorbenti

Le pavimentazioni drenanti si dividono in due classi:

1. Singolo strato drenante
2. Doppio strato drenante

Vantaggi:

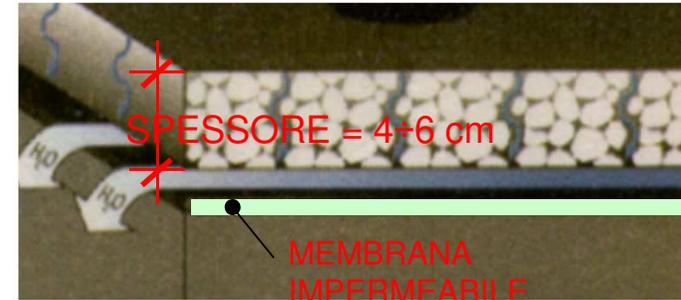
- ✓ migliorano l'aderenza in caso di pioggia
- ✓ eliminano il fenomeno dell'aquaplaning
- ✓ sono pavimentazioni antisplash e antispray
- ✓ abbattano il rumore generato dal traffico veicolare
- ✓ eliminano l'effetto riflettente della superficie bagnata



TAPPETI SUPERFICIALI

Tappeti superficiali drenanti e fonoassorbenti

1. singolo strato drenante: è formato da una miscela con curva granulometrica discontinua povera di sabbia confezionata mediante bitume modificato



2. doppio strato drenante

✓ **strato superiore:** è formato da aggregato basaltico, con dimensione massima pari a 8÷10 mm, e bitume modificato tipo hard; è formato da aggregato calcareo, con dimensione massima pari a 16÷18 mm, e bitume modificato tipo hard.

✓ **strato inferiore:** forma un filtro che impedisce al pulviscolo l'intasamento dello strato inferiore.



TAPPETI SUPERFICIALI

I tappeti superficiali a curva granulometrica discontinua additivati con argilla espansa in quantità pari circa al 15-20% sul peso totale degli inerti.

La presenza dei granuli con nucleo alveolare e dei vuoti intergranulari, infatti, favoriscono l'assorbimento del rumore in modo particolare alle frequenze medio - basse che risultano anche le più fastidiose e dannose per l'uomo.

La sostituzione di parte dell'aggregato grosso con argilla espansa, inoltre, consente ulteriori vantaggi tra i quali ottime prestazioni di aderenza, molto importanti ai fini della sicurezza stradale, e ottime prestazioni drenanti, in virtù dell'elevata percentuale di vuoti della miscela.



TAPPETI SUPERFICIALI

Microtappeti drenanti addittivati con fibre di vetro ad elevata macrorugosità

- il microtappeto è formato da una miscela additivata con fibre di vetro (in ragione dello 0.3% in peso), caratterizzata da una curva granulometrica discontinua o semi-discontinua
- ✓ All'interno della matrice legante le fibre rappresentano una "micro-armatura" che incrementa la resistenza meccanica del conglomerato senza pregiudicare la permeabilità
- Ridotti costi di realizzazione a parità di prestazioni e quindi possibilità di fresare e ripavimentare con maggiore frequenza
- Ridotta manutenzione
- Riduzione dell'effetto spray e del fenomeno dell'aquaplaning



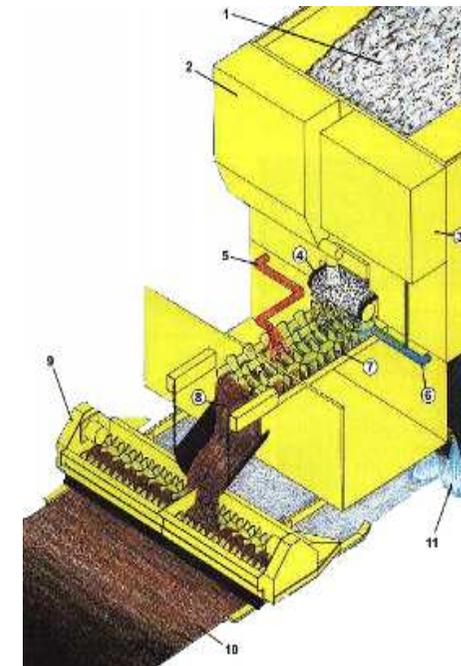
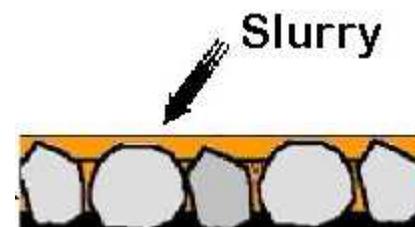
TAPPETI SUPERFICIALI

MICROTAPPETI A FREDDO (Slurry Seals)

Sono malte bituminose formate da inerti con dimensione inferiore a 10 mm legati mediante emulsione bituminosa, lattice, acqua, cemento additivi e fibre, al fine di formare uno strato con spessore 9.5 mm.

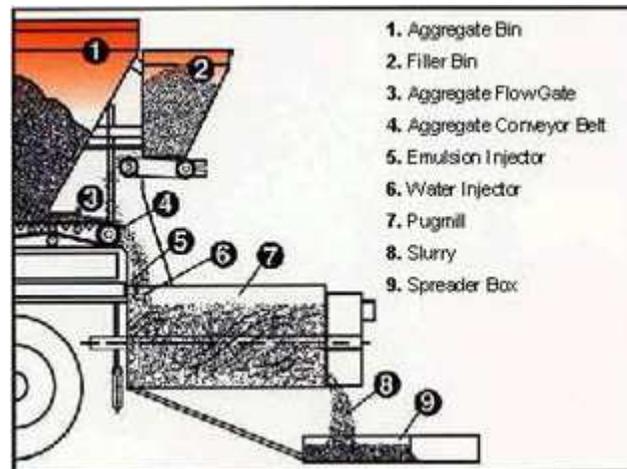
Si utilizzano per i seguenti interventi:

- Ripristino delle caratteristiche superficiali nei punti di massima aderenza;
- Operazioni di irruvidimento e impermeabilizzazione su ponti e viadotti.



TAPPETI SUPERFICIALI

MICROTAPPETI A FREDDO (Slurry Seals)



Fasi realizzative:

- Preparazione del piano di posa mediante pulizia della superficie, sigillatura della fessure e riprofilatura dei tratti deformati;
- Preparazione della miscela in sito e stesa senza rullatura.

TAPPETI SUPERFICIALI

Gli **Splitt Mastix Asphalt** sono costituiti da una miscela con un'elevata percentuale di vuoti (circa il 20%) riempiti con un mastice (bitume + filler + fibre stabilizzanti) ad elevata consistenza in modo da arrivare ad un tappeto finale con una quantità di vuoti pari al 3-5%. In questo modo lo SMA è caratterizzato da una spiccata macrorugosità che gli conferisce un'elevata aderenza e buone capacità fonoassorbenti.



TAPPETI SUPERFICIALI

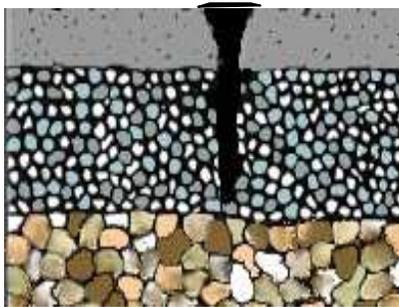
La curva granulometrica di uno **Splitt Mastix Asphalt** è di tipo discontinuo, costituita da inerte grosso quasi monogranulare. Gli aggregati devono essere frantumati, resistenti all'abrasione e all'urto ($LA < 20\%$), resistenti all'usura ed al levigamento ($CLA > 0,45$), duri, tenaci, scabrosi, a spigoli vivi e non levigati.

Il bitume deve essere di tipo modificato, con elevate caratteristiche di adesione e coesione per compensare, in termini di resistenza meccanica complessiva, alle carenze strutturali derivanti da un elevato volume di vuoti.

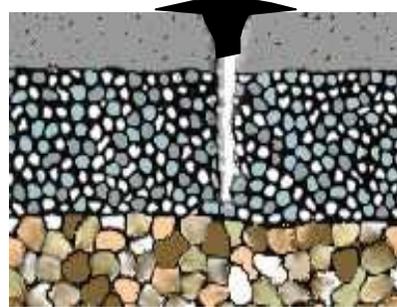
Rispetto ad un drenante lo SMA consente di avere qualche vantaggio aggiuntivo in quanto non soffre di alcuni inconvenienti tipici dei drenanti quali l'occlusione dei pori e la formazione di ghiaccio, e può essere steso in spessori più sottili.

SIGILLATURA E RIEMPIMENTO DELLE FESSURE

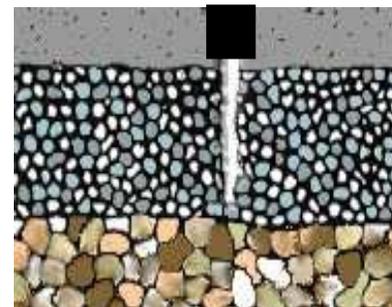
Gli interventi eseguibili sulle fessure del piano viabile si riconducono al riempimento ed alla sigillatura con prodotti a matrice bituminosa.



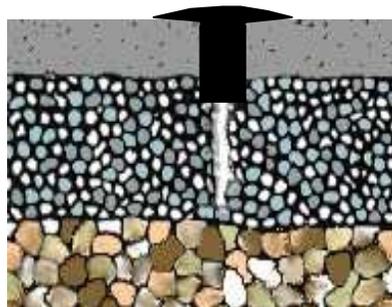
riempimento e rasatura



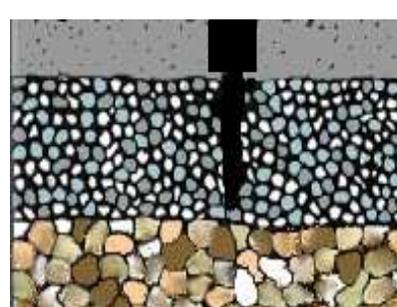
sigillatura semplice



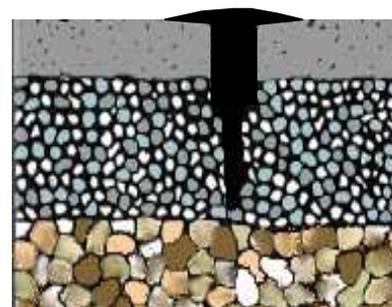
serbatoio e rasatura



sigillatura con serbatoio



riempimento e serbatoio



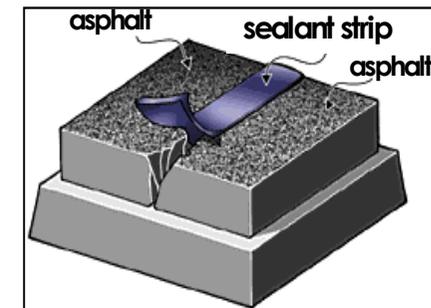
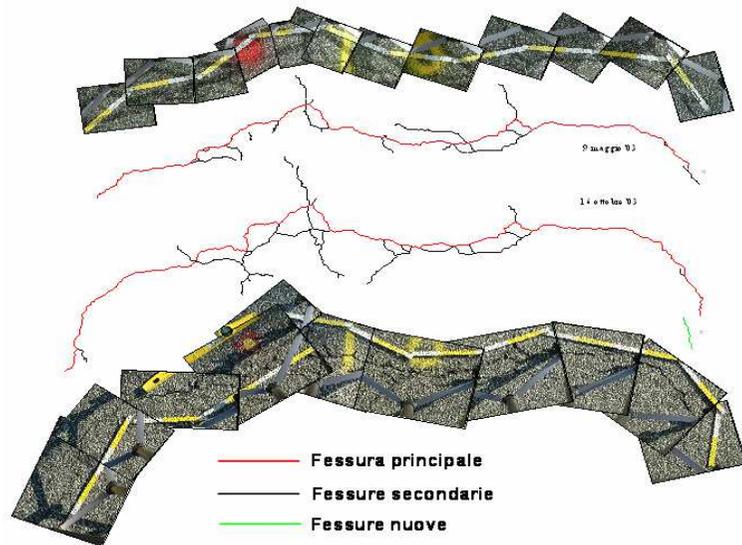
riempimento e sigillatura

Fattori discriminanti per il tipo di intervento

1. Diffusione delle fessure
2. Larghezza e profondità delle fessure
3. Degradazione dei bordi

SIGILLATURA E RIEMPIMENTO DELLE FESSURE

IL SIGILLANTE BITUMINOSO A FREDDO



- È un prodotto in rotoli da applicare a freddo direttamente sulla fessura tramite un trolley brevettato
- La tipologia applicativa è del tipo sigillante con materiale in eccesso senza necessità di primer di adesione

RAPPEZZI



- L'intervento permette il ripristino della pavimentazione previo riquadro e pulizia della porzione ammalorata che viene demolita e ricostruita
- Interessano ammaloramenti con estensione limitata
- Sono localizzati negli strati di usura e collegamento

RAPPEZZI



Fasi dell'intervento:

- Demolizione della zona ammalorata con taglio verticale dei margini
- Introduzione del geotessile in presenza di fondo fessurato
- Ricostruzione mediante conglomerati a freddo
- Compattazione con piastra vibranti o rullo a ruote metalliche
- Stesa di sabbia al fine di evitare dannosi trasudamenti del bitume

3. Fase di programmazione degli interventi

È mirata alla definizione del programma dei lavori. Note le tecniche di manutenzione più appropriate per il caso oggetto di studio, infatti, si definisce dove, come, quanto, quando intervenire.

4. Fase di esecuzione degli interventi

Il programma di lavoro così definito, viene successivamente realizzato nella fase di esecuzione degli interventi. È particolarmente importante controllare l'esecuzione affinché il risultato sia effettivamente quello progettato.

