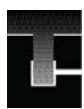




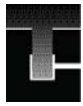
*Ristrutturazione delle fondazioni e
pavimentazioni esistenti, mediante
riciclaggio a freddo in sito*

*Renovation of existing road
foundations and pavements, through
cold recycling on site*



INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. IL RICICLAGGIO NEL MONDO	2
3. LA PAVIMENTAZIONE STRADALE	4
3.1. COMPONENTI DELLE PAVIMENTAZIONI	4
3.2. CAUSE DEL DETERIORAMENTO	7
4. RISANAMENTI DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI	10
5. METODI ED APPLICAZIONI	11
5.1. TRATTAMENTO SUPERFICIALE	11
5.1.1. TRATTAMENTO CON SOLA EMULSIONE	11
5.1.2. TRATTAMENTO CON EMULSIONE E CEMENTO	11
5.2. TRATTAMENTO PROFONDO	12
6. MODALITA' DI ESECUZIONE	12
6.1. RICICLAGGIO IN SITO (in-place)	13
6.1.1. PROCESSO DI STABILIZZAZIONE CON EMULSIONE BITUMINOSA	14
7. VANTAGGI DEL RICICLAGGIO A FREDDO	16
8. LE NOSTRE ESPERIENZE	17
8.1. AUTOSTRADA A22 DEL BRENNERO	17
8.2. INTERPORTO CENTER GROSS DI BOLOGNA	19
9. CONCLUSIONI	20



1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si è assistito ad un aumento costante di automezzi in quanto un volume più elevato di merci, anziché su rotaia, viene trasportato su strada poiché questo tipo di trasporto offre una maggiore rapidità e flessibilità.

Il derivante incremento del traffico e delle sollecitazioni delle ruote, il maggiore carico per asse e “l’età avanzata” della arterie stradali (molte di esse sono in uso da oltre vent’anni) sono fattori che concorrono al deterioramento delle sedi stradali.

Quando gli ammaloramenti delle pavimentazioni bituminose sono in maniera manifesta dovuti a problemi di portanza del pacchetto, la soluzione più banale per ripristinare la vita utile di una strada è quella di scarificare l’intera struttura stradale e sostituirla con nuovi strati di spessori adeguati alla tipologia della strada in esame.

Gli svantaggi di questa tipologia d’intervento sono: **costi elevati e produzione di materiali di risulta** di non facile reimpiego. Qualora si aggiunga la necessità di eseguire l’intervento in condizioni climatiche non favorevoli, nel più breve arco di tempo possibile e con il minor impatto sulla circolazione stradale, il metodo tradizionale diviene addirittura impraticabile.

Una valida alternativa è **il riciclaggio a freddo delle pavimentazioni stradali**.

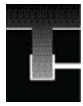
Consiste, essenzialmente, nella stabilizzazione simultanea della fondazione e dello strato di base mediante fresatura in sito ed impiego combinato di legante idraulico (cemento 32,5 R) ed emulsione di bitume.

Questa metodologia offre i seguenti vantaggi:

- **minor impatto ambientale** poiché si riutilizza il materiale della pavimentazione esistente e si riduce il trasporto su gomma;
- **maggiore sicurezza** in quanto l’operazione può essere eseguita occupando una sola corsia;
- **minori costi** dato che non c’è sostituzione dei materiali;
- **tempi più brevi** poiché il tratto lavorato può essere riaperto al traffico nel giro di un giorno;
- **maggiore durabilità della strada** poiché con questo intervento si crea una fondazione meno rigida di quelle tradizionali e quindi più resistente alle sollecitazioni delle ruote.

2. IL RICICLAGGIO NEL MONDO

Riciclare su vasta scala i prodotti di scarto provenienti dai vari settori industriali, può essere ritenuto uno degli obiettivi principali del mondo moderno.



Le motivazioni che sostengono la necessità di riciclare sono molteplici e tutte parimenti importanti, come ben sintetizzano le linee generali del documento "Recycling for road improvements" pubblicato dall'OCSE nel 1997:

- riduzione dell'impiego delle materie prime;
- riduzione dei territori da destinare a discarica;
- contenere l'inquinamento del suolo e dell'atmosfera dovuto al trasporto e all'incenerimento dei rifiuti;
- conservazione dell'energia;
- convenienza economica;
- vantaggi tecnici.

Nella stragrande maggioranza dei Paesi europei sono in atto politiche strategiche volte al sostegno delle attività di riciclaggio.

Tratto sempre dal report OCSE, di seguito vengono sintetizzati gli obiettivi in materia di riciclaggio di alcuni Paesi, europei e non:

Australia: nel lungo termine riutilizzare al 90% i materiali stradali esausti

Austria: entro il 2000 ridurre del 50% la quantità dei rifiuti

Belgio: a partire dal 1996, riciclare il 70 % degli scarti del settore delle costruzioni

Danimarca: entro il 2000 riutilizzare il 54% del totale dei rifiuti

Francia: azzeramento delle discariche entro l'anno 2000

Giappone: incrementare dal 42 all' 80% il riutilizzo degli scarti entro il 2000

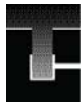
Olanda: riutilizzare il 90% degli scarti del settore delle costruzioni

Regno Unito: in 15 anni raddoppiare l'utilizzo dei materiali riciclati

L'Italia non rientra nell'inchiesta OCSE in quanto, oltre a non aver dichiarato i propri obiettivi, il nostro Paese non ha fornito le risposte al questionario tecnico, predisposto e divulgato dal Gruppo di Lavoro autore del documento.

Questo fatto è sicuramente indicativo della situazione di confusione, disorganizzazione e deficit tecnologico in cui versa l'industria del riciclaggio in Italia. Alcune riflessioni su quanto sopra esposto possono essere riassunte nei seguenti punti:

- le attività di riciclaggio sono negativamente influenzate dal continuo incremento dei costi di raccolta e lavorazione dei rifiuti, assolutamente non competitivi nei confronti delle materie vergini;



- la competitività di questa industria viene negativamente influenzata dalla cattiva immagine dei prodotti riciclati, troppo spesso assimilati a prodotti di scarsa qualità.

3. LA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Con la dicitura “pavimentazione stradale” si indica quella struttura idonea a garantire la transitabilità del traffico veicolare. Essa deve assolvere a tre funzioni principali:

- a. garantire una superficie di rotolamento regolare e poco deformabile ai veicoli stradali;
- b. ripartire sul corpo stradale le azioni statiche e dinamiche dei veicoli in misura tale da non determinare deformazioni sul piano viabile, dannose al comfort di viaggio, alla struttura del veicolo, alla sicurezza ed alla durabilità;
- c. proteggere il terreno dagli agenti atmosferici, garantendo un rapido deflusso delle acque, in modo che le azioni di dilavamento, gelo e disgelo, ecc... non determinino condizioni di inagibilità del piano stradale.

La maggior parte delle arterie stradali italiane sono di tipo flessibile o semi-rigido. In questo tipo di sovrastrutture il carico viene trasferito al sottofondo attraverso una serie di strati di rigidità decrescente man mano che si procede dalla superficie verso il sottofondo.

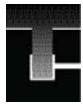
3.1. COMPONENTI DELLE PAVIMENTAZIONI

MANTO STRADALE: è costituito dagli strati superiori aventi caratteristiche sia flessibili che semi-rigide realizzati in conglomerato bituminoso. Questi strati presentano caratteristiche di flessibilità differenti in relazione alla posizione nella sovrastruttura e quindi al regime di sollecitazione a cui è sottoposto. Partendo dall'alto gli strati sono:

- **tappeto di usura** di tipo chiuso in quanto privo di inerti grossi e con un tenore di bitume fino al 6% riferito al peso degli aggregati;
- **strato di collegamento o binder:** costituito da un conglomerato bituminoso semiaperto poiché confezionato sia con inerti grossolani che con materiali fini ed un tenore in bitume minore a quello del tappeto d'usura;
- **strato di base:** costituito da conglomerato bituminoso a grana grossa ed un tenore del bitume di circa 4% riferito al peso degli aggregati;

Costituisce l'interfaccia con il flusso del traffico e l'ambiente, serve a proteggere la struttura della pavimentazione da entrambi questi elementi, offrendo durata nel tempo e impermeabilità.

- **Protezione dal traffico.** La rotazione dei pneumatici incide sul manto superficiale in due modi:



SCHEDA N.
STNTS02

RIGENERAZIONE A FREDDO DELLE PAVIMENTAZIONI

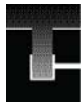
- le sollecitazioni trasmesse dai carichi delle ruote sono prevalentemente sul piano verticale; tuttavia, la componente orizzontale può rivelarsi un fattore importante, in particolare nelle curve e nelle forti pendenze. Il materiale impiegato per la realizzazione del manto stradale deve, quindi, possedere caratteristiche di resistenza tali da consentirgli di far fronte a tutte le citate sollecitazioni senza subire rotture da compressione o deformazioni;
- l'azione di sfregamento esercitata dai pneumatici, in particolare quando si affronta una curva, tende ad abradere la superficie stradale. Col tempo, questo effetto di levigatura provoca una riduzione delle proprietà di attrito (resistenza allo slittamento) del manto che diventa scivoloso, specialmente se bagnato, e quindi pericoloso.
- **Protezione dall'ambiente.** Il manto stradale è continuamente soggetto a due forme principali di attacchi da parte dell'ambiente: gli effetti termici e il "deterioramento provocato dal sole", quindi, deve possedere le seguenti due proprietà:
 - Elasticità: che gli consente di dilatarsi e contrarsi ripetutamente in base alle variazioni termiche;
 - Durata: che gli permette l'assorbimento del quotidiano bombardamento dei raggi ultravioletti senza invecchiare precocemente. Il bitume è uno dei materiali più frequentemente utilizzati per i manti stradali in quanto si contraddistingue per flessibilità, durata ed elevata impermeabilità. L'asfalto a caldo(con una quantità di bitume pari a circa 5%) viene generalmente adoperato per realizzare i manti di prima qualità delle strade di traffico intenso, mentre i più economici trattamenti superficiali, che impiegano impermeabilizzante a scaglette vengono utilizzati in quei casi in cui il traffico automobilistico è ridotto

STRUTTURA: ha il compito di trasferire il carico dal manto al sottofondo. Essa si compone sempre di vari strati di materiale aventi caratteristiche di resistenza differenti; ogni strato ha la funzione di distribuire il carico che riceve dalla parte superiore su un'area più ampia della parte sottostante. Gli strati posti nella parte superiore della struttura sono soggetti a livelli di sollecitazione maggiori rispetto agli strati inferiori e quindi devono essere costruiti con materiali più resistenti.

Il tipo di reazione del materiale ad un carico impartito dipende in larga misura dalle proprietà elastiche del materiale e dalle caratteristiche del carico (ampiezza, ritmo di caricamento, ecc.).

Vediamo di seguito quali sono le caratteristiche più importanti:

- I materiali granulari, che includono pietrisco e ghiaia, trasferiscono i carichi applicati attraverso i singoli granuli, o armatura, della struttura. L'attrito intergranulare conserva l'integrità strutturale ma, in caso di ripetuti caricamenti, si verifica un graduale processo di addensamento man mano



SCHEDA N.
STNTS02

RIGENERAZIONE A FREDDO DELLE PAVIMENTAZIONI

che i granuli si avvicinano gli uni agli altri. Questo fenomeno può avere luogo in qualsiasi livello della struttura provocando una deformazione della superficie. Tale deformazione si manifesta di norma sottoforma di solchi che si formano nelle aree di impronta delle ruote.

- I materiali legati, che includono i materiali stabilizzati e l'asfalto, agiscono piuttosto come una soletta. L'applicazione di un carico verticale sulla superficie di una soletta genera sollecitazioni di compressione orizzontali nella metà inferiore, con sollecitazioni massime nelle parti alte e in quelle basse. La deformazione provocata da queste sollecitazioni, in modo particolare quelle derivate da sforzi di trazione nella parte inferiore, causa infine un tipo di rottura da fatica per effetto delle numerose ripetizioni di carico. Si tratta di incrinature che si formano nella parte inferiore dello strato per poi propagarsi verticalmente man mano che le ripetizioni del carico proseguono.

Le deformazioni che si creano nel materiale naturale e le incrinature da fatica tipiche del materiale legato sono entrambe correlate al numero di ripetizioni di carico.

SOTTOFONDO: Il terreno naturale d'impianto della struttura della pavimentazione può essere sia materiale in situ o riportato. Le caratteristiche di resistenza di questo materiale determinano il tipo di struttura della pavimentazione in grado di distribuire il carico impartito alla superficie in modo tale che questo venga sorretto senza provocare deformazioni permanenti.

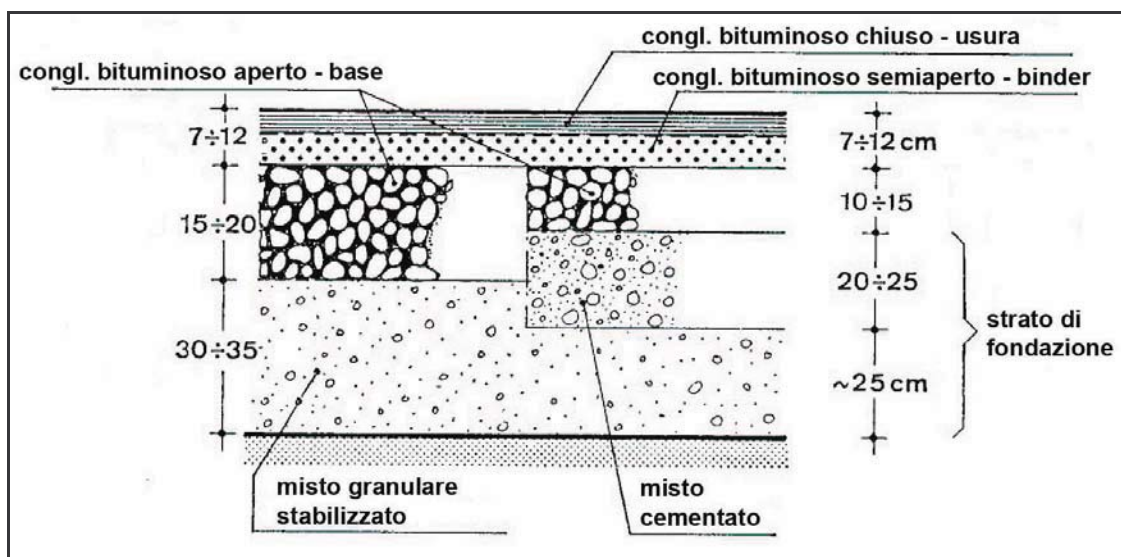
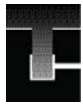


Figura 1: strati componenti pavimentazione stradale



3.2. CAUSE DEL DETERIORAMENTO

Le pavimentazioni stradali si logorano per diverse ragioni; le due cause più importanti sono rappresentate dal carico del traffico pesante e dai fattori ambientali.

a) il carico del traffico

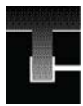
Nel dimensionamento e calcolo di verifica di sovrastrutture stradali, ci si riferisce ad un carico standard, il cui peso varia a secondo delle normative in uso. Indipendentemente dal valore del carico di riferimento (in Italia l'asse standard è da 12 ton = 120 kN, CNR n.178 del 15/09/1995), i modelli di calcolo normalmente utilizzati si basano sul presupposto che la condizione più gravosa per una pavimentazione stradale sia costituita dalla componente verticale del carico e quindi dal peso degli automezzi. Questo presupposto non è del tutto vero in quanto gli automezzi sono masse in movimento e quindi il carico, che in condizioni statiche assume esclusivamente una componente verticale, può presentare componenti radenti. In base a questo presupposto, in una strada si possono individuare tre zone critiche:

- **curve** in cui l'azione centrifuga del veicolo determina un incremento di peso sul semiasse esterno ed un alleggerimento del semiasse interno alla curva;
- **incroci**, in particolar modo se regolati da semafori o cartelli di arresto (STOP, DARE PRECEDENZA), si hanno condizioni particolari in quanto all'atto della frenata, e successivamente alla ripartenza, il carico verticale assume una componente trasversale;
- **salita e discesa** poiché, come nel caso precedente, si accelera (salita) o si frena (discesa) e si creano azioni radenti tra pavimentazione e pneumatici.

b) gli agenti atmosferici

I raggi ultravioletti del sole provocano, in modo continuo, un lento indurimento del bitume; questo a sua volta causa una riduzione dell'elasticità con la formazione di fessure nel momento in cui il manto si contrae in seguito al raffreddamento. Una volta che il manto ha perso la propria capacità strutturale a causa delle suddette fessure, la pavimentazione tende a deteriorarsi ad un ritmo sempre crescente per effetto della penetrazione dell'acqua.

Gli effetti del carico impartito dal traffico causano lo sviluppo di solchi e d'incrinature all'interno della struttura della pavimentazione. Ogni veicolo in transito provoca una lieve deformazione temporanea alla struttura della pavimentazione. La deformazione indotta da un veicolo leggero è talmente piccola da essere irrilevante mentre i veicoli ad elevato carico provocano deformazioni relativamente ampie. Il passaggio di numerosi automezzi ha un effetto cumulativo che genera gradualmente deformazioni permanenti e/o incrinature da fatica



SCHEDA N.
STNTS02

RIGENERAZIONE A FREDDO DELLE PAVIMENTAZIONI

c) abbassamento della capacità portante

Nel corso della vita utile di una strada, i carichi per asse maggiori di quelli stabiliti ed un incremento del traffico superiore a quello previsto, provocano degrado e rottura dello strato portante delle



Figura 2: deformazione a pelle di coccodrillo

pavimentazioni con conseguente formazione di ormaia e fessurazioni a "pelle di coccodrillo" in corrispondenza delle impronte delle ruote.

Questo accade in quanto, ad ogni passaggio veicolare, il materiale granulare costituente la fondazione è sottoposto a forze d'attrito che determinano lo sfregamento tra gli aggregati grossolani e vere e proprie azioni di pompaggio che inducono un richiamo del terreno di sottofondo.

Questo deterioramento cresce in maniera esponenziale se ci si trova in presenza di sottofondi argillosi (nel nostro paese tale condizione è ordinaria) soprattutto in presenza di elevati tassi di umidità in quanto si verificano risalite di materiale fine verso i vuoti dello strato di fondazione con conseguente contaminazione. La contaminazione del materiale arido della fondazione ne riduce le proprietà meccaniche con conseguente calo della rigidità flessionale dell'intera pavimentazione.

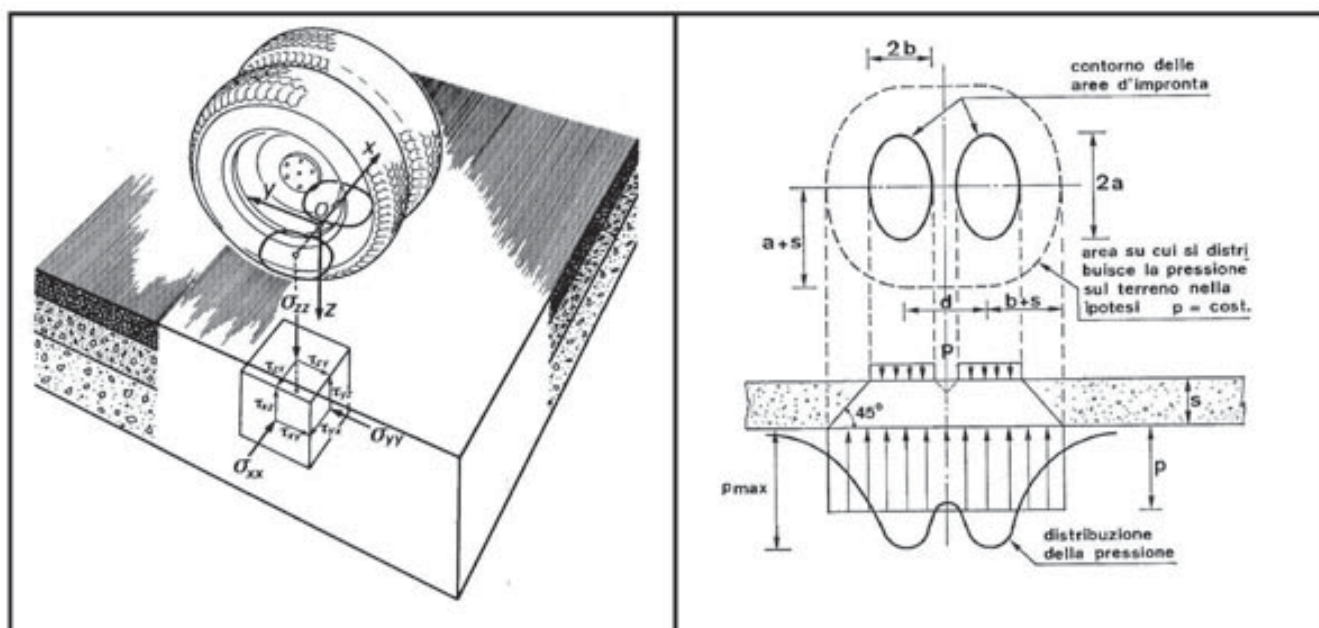


Figura 3: distribuzione dei carichi e delle pressioni in una pavimentazione



d) cicli di gelo e disgelo

Gli inverni, soprattutto quelli rigidi con gelo in profondità, possono contribuire largamente al processo di deterioramento stradale. Il ciclo di gelo e disgelo provoca fessurazioni a causa



dell'espansione della pavimentazione stradale durante il congelamento e della formazione di lenti di ghiaccio nella fondazione. In queste condizioni si viene a creare uno stato tensionale in grado di superare la resistenza degli strati legati con conseguente rottura e fessurazione longitudinale.

e) fessurazioni riflesse

In genere, quando la pavimentazione inizia a presentare i primi segni di deterioramento, si procede con l'applicazione di un nuovo strato d'asfalto a caldo sul manto preesistente, creando così una nuova superficie omogenea non degradata. Ma quando una

Figura 4: ormaia dovuta a ruote gemellate

vecchia fessura viene ricoperta tende a risalire in superficie. La fessurazione riflessa è un fenomeno che consiste nella propagazione delle fessurazioni della vecchia pavimentazione attraverso quella nuova. Questo fenomeno dipende da: struttura della pavimentazione, tipo di materiale costituente, caratteristiche della fessurazione originale, temperature e carichi. Si tratta di un fenomeno serio in quanto diminuisce la vita del nuovo strato con conseguente dispendio di energie e materiali.

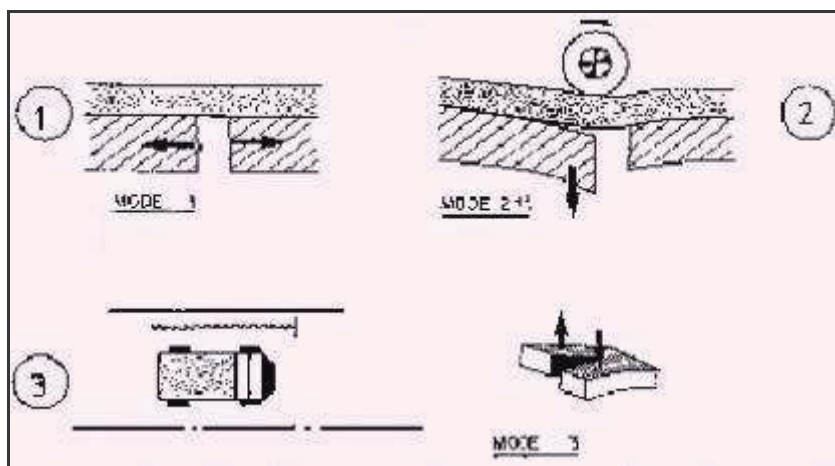
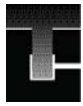


Figura 5: sviluppo di una fessurazione riflessa

Indipendentemente dalla causa scaturente (deterioramento della pavimentazione, abbassamento della capacità portante, gelo/disgelo), una volta che l'incrinatura s'insinua attraverso il manto protettivo e l'acqua penetra nella struttura sottostante la pavimentazione, l'effetto d'ammorbidimento dell'acqua comporta una



riduzione della resistenza che a sua volta provoca un aumento del grado di deterioramento. Inoltre, l'acqua trasmette prevalentemente carichi ruota verticali sotto forma di pressioni che erodono rapidamente la struttura del materiale granulare e provocano la separazione del bitume dall'aggregato d'asfalto. In queste condizioni le frazioni fini del materiale della pavimentazione sono espulse verso l'alto attraverso le incrinature, con il conseguente sviluppo di vuoti d'ampie dimensioni all'interno della pavimentazione. La formazione di buche e il rapido deterioramento della pavimentazione sono l'immediata conseguenza del logorio della sede stradale. In quei casi in cui la temperatura scende sotto i 4°C, l'eventuale acqua presente nella pavimentazione, si espande creando pressioni idrauliche, persino in assenza dei carichi delle ruote. La deformazione causata da ripetuti cicli gelo/disgelo rappresenta l'aspetto più grave per una pavimentazione caratterizzata da fessure; ne consegue il disfacimento.

4. RISANAMENTI DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI

I provvedimenti di risanamento volti a risolvere problemi che interessano la parte interna della struttura di una pavimentazione sono in genere considerati soluzioni a lungo termine. Nell'affrontare problemi di carattere strutturale occorre ricordare che è la struttura della pavimentazione che si è deteriorata e non necessariamente i materiali in essa contenuti.

Il consolidamento dei sottofondi è una forma di miglioramento; maggiore è la densità del materiale e superiori saranno le caratteristiche di resistenza. Tuttavia, per permettere la compattazione è necessario demolire gli strati costruiti con materiale legato. Di regola, il risanamento strutturale dovrebbe mirare a massimizzare il valore di recupero della pavimentazione preesistente.

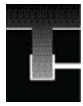
Di seguito sono indicate le varie possibilità di risanamento strutturale:

a) Rifacimento totale

Questa è la scelta fino ad ora utilizzata quando il risanamento è abbinato ad un progetto di miglioramento caratterizzato da variazioni notevoli dell'allineamento della strada. In effetti, laddove il volume del traffico è elevato, si preferisce costruire un nuovo rilevato stradale con un allineamento separato evitando in tal modo problematiche legate a lavorazioni effettuate in presenza di traffico. Ciò, tuttavia, comporta un aumento dei costi, un impatto ambientale piuttosto elevato e lunghi tempi di realizzazione.

b) Costruzione di strati supplementari.

Rivestimenti di asfalto di elevato spessore sono di frequente la soluzione più semplice per un problema di carattere strutturale se il volume del traffico è elevato. Come descritto sopra, si rischia di



incorrere nel fenomeno della fessurazione riflessa e/o in un aumento dell'innalzamento del manto causando problemi di drenaggio e d'accesso.

c) Riciclaggio nella profondità della pavimentazione.

Con questa nuova tecnica si interviene direttamente sulla parte ammalorata riutilizzando il materiale in sito creando così un nuovo strato spesso e omogeneo con caratteristiche di resistenza superiori. Strati supplementari possono essere aggiunti nel caso in cui la pavimentazione debba essere migliorata in modo significativo. Sostanze stabilizzanti sono spesso aggiunte al materiale riciclato, specialmente nel caso in cui la pavimentazione preesistente sia di qualità inferiore alle nuove esigenze e richieda un intervento di consolidamento. Il riciclaggio mira a recuperare il più possibile la pavimentazione preesistente, senza andare ad intaccare la struttura posta sotto il livello di riciclaggio.

5. METODI ED APPLICAZIONI

Il riciclaggio a freddo è un processo con molte sfaccettature, in grado di soddisfare varie esigenze in sede di manutenzione e ripristino dell'infrastruttura viaria.

Può essere suddiviso in due categorie fondamentali a seconda che si debba intervenire superficialmente (pacchetto dei neri) o ci si debba spingere più in profondità e quindi fino allo strato di fondazione.

Come secondo criterio di classificazione, le due categorie possono essere suddivise a seconda che il materiale riciclato venga trattato o meno con agenti stabilizzanti.

5.1. TRATTAMENTO SUPERFICIALE

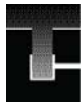
L'assenza di avvallamenti permanenti sulla superficie viaria esclude una fondazione caratterizzata da cedimenti strutturali pertanto l'intervento di riciclaggio interesserà esclusivamente il pacchetto dei neri.

5.1.1. TRATTAMENTO CON SOLA EMULSIONE

Consiste in un vero e proprio ringiovanimento della pavimentazione stradale; viene realizzato un conglomerato bituminoso a freddo mediante aggiunta di emulsione bituminosa con funzione di rigenerante ad uno strato riciclato relativamente sottile (circa 100 mm).

5.1.2. TRATTAMENTO CON EMULSIONE E CEMENTO

Con l'aggiunta del cemento si otterrà un prodotto con caratteristiche di resistenza superiori a quelle ottenute con il processo di ringiovanimento e delle tradizionali tecnologie di realizzazione dei



conglomerati bituminosi: è pertanto consigliato su arterie interessate da un discreto transito di mezzi pesanti. Di norma occorre stendere sullo strato riciclato uno strato di binder ed usura sufficientemente spesso onde garantire condizioni ottimali di aderenza ai veicoli in transito.

5.2. TRATTAMENTO PROFONDO

Ormaiamenti e fessurazioni a pelle di coccodrillo sono indicatori di cedimenti strutturali dello strato portante della pavimentazione e quindi della fondazione.

In questi casi si interviene mediante riciclaggio a profondità comprese tra 150 e 350 mm, a secondo della situazione.

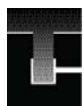
La maggior parte di questi interventi profondi vengono effettuati con la combinazione emulsione-cemento in quanto i legami rigidi del cemento sono intervallati dai legami plastici dell'emulsione pertanto il prodotto finito presenta un punto di rottura più alto e quindi una maggiore resistenza alle deformazioni da carico ed una minore permeabilità.

6. MODALITA' DI ESECUZIONE

Il riciclaggio a freddo può avvenire "in-plant", cioè trasportando il materiale recuperato da una strada esistente ad un deposito centralizzato, dove viene rigenerato in un apposito impianto fisso (ad es. un mescolatore forzato), oppure "in-place", ossia in sito, utilizzando una macchina riciclatrice. Il riciclaggio in impianto fisso è spesso l'opzione più onerosa in termini di costo per metro cubo di materiale rigenerato, soprattutto perché si deve sostenere il costo del trasporto, che viene meno riciclando il materiale in sito. Ciò nonostante entrambi i metodi di riciclaggio hanno il loro posto nell'industria delle costruzioni, e la scelta di quello più idoneo agli interventi da eseguire è dettata dai seguenti fattori:

- Il tipo di costruzione: normalmente la rigenerazione in impianto fisso è presa in considerazione nei casi in cui il materiale riciclato deve essere usato per la costruzione di un nuovo strato della pavimentazione, ad es. per aumentare la portanza di una pavimentazione esistente.
- Il materiale presente in sito, ossia nella pavimentazione esistente: se si deve riciclare il materiale degli strati superiori di una pavimentazione esistente, la variabilità e/o le condizioni del materiale riciclato giustificano talvolta un processo di selezione o di pretrattamento (ad es. la scarifica di strati spessi di conglomerato bituminoso in sito con successiva vagliatura).

La rigenerazione in sito ha acquisito popolarità grazie all'avvento di macchine riciclatrici grandi e potenti, in grado di ripristinare le pavimentazioni ad una frazione del costo dei metodi di ricostruzione convenzionali. Inoltre, alla luce dello stato di degrado delle pavimentazioni stradali in ogni parte del



mondo, la necessità di ripristinare le pavimentazioni esistenti è di gran lunga più consistente della domanda di nuove infrastrutture viarie. In conseguenza di ciò, il riciclaggio in sito è diventato in molti Paesi il metodo preferito quando si tratta di recuperare tempo per smaltire l'enorme lavoro arretrato nel ripristino delle pavimentazioni e giustifica pertanto la focalizzazione del presente manuale su tale argomento.

6.1. RICICLAGGIO IN SITO (in-place)

Le macchine riciclatrici sono frese a freddo modificate o stabilizzatrici adattate che si sono evolute nel tempo. Progettate specificamente per essere in grado di riciclare in una sola passata strati di pavimentazione di grande spessore, le moderne riciclatrici sono di norma macchine grandi e ad elevate prestazioni, montate su cingoli o su grosse ruote gommate. Il "cuore" di una riciclatrice è costituito dal rotore di fresatura e miscelazione, che è munito di un grande numero di utensili da taglio speciali. Di norma tale rotore ruota in senso opposto a quello di marcia, polverizzando il materiale della pavimentazione esistente, come illustrato in fig. 6.

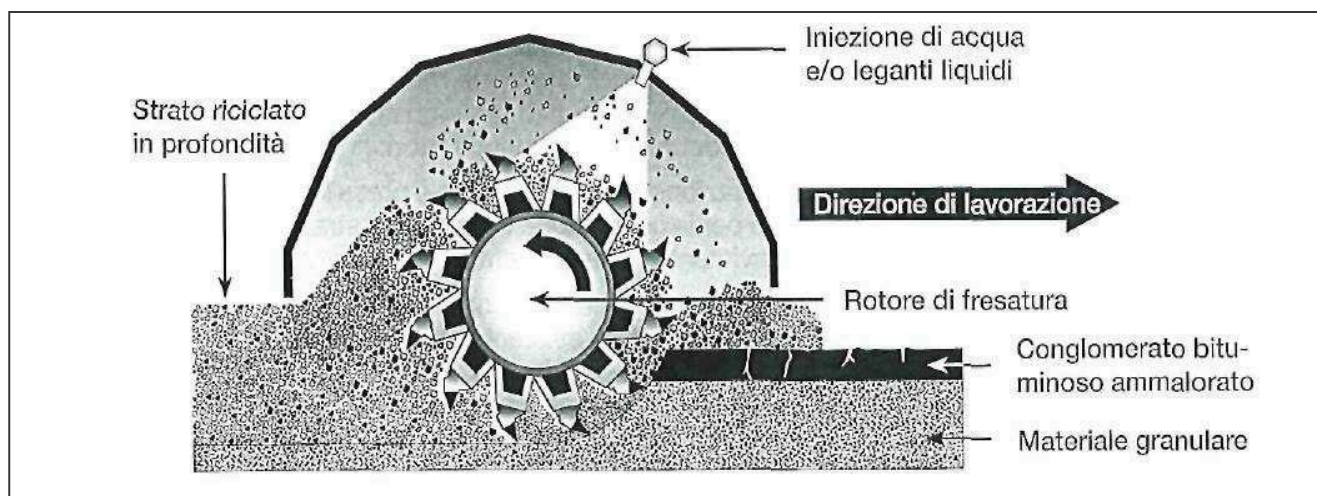
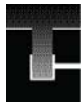


Figura 6: processo di riciclaggio in sito.

Mentre la macchina avanza con il rullo di fresatura rotante, l'acqua, contenuta in un'autobotte collegata alla riciclatrice, viene erogata mediante un tubo flessibile e spruzzata all'interno del vano di miscelazione della riciclatrice. La quantità dell'acqua viene dosata con precisione tramite un impianto di pompaggio controllato da microprocessore, ed il rullo rotante mescola accuratamente l'acqua con il materiale riciclato, onde ottenere il tenore di umidità necessario per raggiungere elevati gradi di costipamento. In modo simile possono essere iniettati direttamente nel vano di miscelazione anche dei leganti liquidi, quali una biacca cementizia o un'emulsione bituminosa, sia singolarmente che insieme.



Inoltre è possibile iniettare nel vano di miscelazione pure del bitume schiumato mediante una separata barra spruzzatrice appositamente progettata. I leganti in polvere, quali ad es. la calce idrata, il cemento, etc., vengono normalmente sparsi sulla pavimentazione esistente, nel tratto antistante la riciclatrice. Quest'ultima passa sopra la polvere e la miscela in un'unica passata con il materiale fresato e l'acqua iniettata.

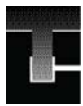
I treni di riciclaggio possono avere configurazioni diverse a seconda del tipo di applicazione e del tipo di legante impiegato. In tutti i casi, comunque, la riciclatrice funge da locomotiva e spinge o traina l'attrezzatura ad essa agganciata mediante barre di spinta o di traino. La figura 7 illustra la composizione tipica del treno di riciclaggio.

Prima della miscelazione, le dosi di cemento e acqua prescritte sono misurate con precisione in modo da formare una sospensione che viene quindi pompata attraverso un tubo flessibile alla riciclatrice e iniettata nel vano di miscelazione. In alternativa, il cemento può essere sparso anche in forma pulverulenta sulla pavimentazione dinanzi alla riciclatrice. In tal caso il miscelatore di sospensioni viene sostituito da un'autobotte per acqua. Il materiale uscente dalla riciclatrice viene precompattato da un rullo vibrante pesante per ottenere un grado di addensamento uniforme in tutto il materiale riciclato. Di seguito, il materiale viene profilato da una motolivellatrice prima di essere costipato da rulli vibranti e rulli gommati. Nel caso in cui si usi un'emulsione bituminosa o bitume schiumato insieme ad una boiaccia cementizia, il treno di riciclaggio avrà una configurazione simile: un'autocisterna di bitume viene posizionata davanti al miscelatore di sospensioni, dal quale viene spinta. Qualora il cemento venga sparso in forma pulverulenta sulla superficie stradale antistante il treno di riciclaggio, la cisterna di bitume è agganciata direttamente alla riciclatrice, e in testa al treno spinto viene posta un'autobotte d'acqua che funge da veicolo capofila.

6.1.1. PROCESSO DI STABILIZZAZIONE CON EMULSIONE BITUMINOSA

Le emulsioni bituminose sono state originariamente sviluppate per superare le difficoltà tipiche delle lavorazioni che prevedono l'impiego di bitume a caldo e, per realizzare a temperatura ambiente miscele con materiale umido.

Un'emulsione è composta da due liquidi immiscibili, uno disperso nell'altro sotto forma di goccioline o di piccoli globuli. Le più comuni emulsioni bituminose sono formate da goccioline di bitume disperse in fase acquosa continua, nella quale le particelle di bitume non possono raggrupparsi a causa della presenza di una sostanza attiva in superficie (un emulsionante) che forma una pellicola protettiva intorno alle particelle. La maggior parte delle emulsioni usate come sostanze stabilizzanti



**SCHEDA N.
STNTS02**

RIGENERAZIONE A FREDDO DELLE PAVIMENTAZIONI

hanno una componente di "residuo di bitume" del 60%; ciò significa che il 60% del volume dell'emulsione è composto da bitume disperso nel 40% del volume di acqua. Dopo aver realizzato la miscela con il materiale, l'acqua viene eliminata e le particelle di bitume si accorpano, formando una pellicola ininterrotta che si deposita sulla superficie dell'aggregato. Si dice comunemente che l'aggregato "rompe"; questo fenomeno è provocato da:

- perdita di acqua attraverso l'evaporazione o l'assorbimento da parte del materiale che viene miscelato;
- coagulazione chimica dovuta ad un processo di reazione tra l'emulsione e l'aggregato;
- disturbi meccanici provocati da eccessive pressioni di pompaggio, processi di miscelatura e sforzo di costipamento;
- composizione chimica dell'emulsione;

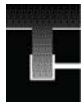


Figura 7: treno di riciclaggio formato da spandi legante, cisterna emulsione e fresa

Normalmente il cemento viene utilizzato assieme all'emulsione bituminosa. Oltre ad aumentare la capacità di mantenimento della resistenza, il cemento agisce come una specie di catalizzatore, aumentando le originali caratteristiche di resistenza. Una ricerca condotta per studiare gli effetti della miscelatura del cemento ad una emulsione bituminosa ha dimostrato che si può aggiungere una quantità di cemento pari al 2% per massa senza che vengano ridotte significativamente le caratteristiche da fatica dello strato stabilizzato.

Esistono due tipi di emulsioni bituminose, quelle anioniche e quelle cationiche. La differenza fondamentale tra loro è il carico sugli ioni di bitume sospeso e la "fase" di sospensione. Le particelle di bitume in un'emulsione anionica hanno una carica negativa in una fase alcalina, mentre le emulsioni cationiche hanno delle particelle di bitume con carica positiva in fase acida. Prodotti chimici detti stabilizzanti vengono aggiunti in entrambi i tipi di emulsione, per prolungare il tempo di rottura, riducendo in maniera considerevole l'entità della carica sulle particelle di bitume verso l'aggregato.

Un'emulsione anionica si rompe solo quando l'acqua che contiene il bitume in sospensione evapora o viene assorbita dall'aggregato o dal cemento. Le emulsioni cationiche si rompono invece chimicamente; ciò implica che vengono aggiunti, durante il processo di produzione, particolari prodotti



chimici i quali provocheranno la separazione del bitume dall'acqua dopo un determinato periodo di tempo.

L'unica ragione per cui si utilizza il bitume emulsionante come sostanza stabilizzante è che esso permette di miscelare il bitume con materiali freddi e umidi.

7. VANTAGGI DEL RICICLAGGIO A FREDDO

L'adozione del processo di riciclaggio a freddo per il ripristino di pavimentazioni offre, tra l'altro, i seguenti vantaggi evidenti:

- **Fattori ambientali.** Viene riutilizzato tutto il materiale della pavimentazione esistente. Non occorre quindi trovare apposite aree di deposito, e il volume del nuovo materiale d'apporto estratto da cave è ridotto al minimo. In tal modo si limitano le deturpazioni dell'ambiente inevitabilmente causate dall'apertura di cave a cielo aperto e di cave di prestito. Viene drasticamente ridotta anche l'entità delle operazioni di trasporto, il consumo globale di energia viene pertanto ridotto significativamente.
- **Qualità dello strato riciclato.** Si ottiene una miscelazione di elevata e costante qualità dei materiali in sito con acqua e leganti. I sistemi di pompaggio controllati da microprocessore permettono un dosaggio preciso dei liquidi/leganti aggiunti. Il materiale riciclato e gli additivi vengono miscelati bene all'interno del vano di miscelazione.
- **Integrità strutturale.** Il processo di riciclaggio a freddo genera strati legati spessi ed omogenei che non contengono interfacce deboli fra gli strati più sottili della pavimentazione.
- **Minimo impatto sul sottofondo.** L'impatto sul sottofondo della pavimentazione è minimo rispetto a quello degli interventi di ripristino eseguiti con macchine operatrici convenzionali. Il riciclaggio a freddo è di norma un'operazione a singola passata. Una riciclatrice gommata sparge il materiale dietro la macchina evitando quindi ogni contatto fra i pneumatici ed il sottofondo scoperto. (La rilavorazione del materiale della pavimentazione con macchinari convenzionali sottopone il sottofondo ad elevati carichi ripetuti. Ne possono conseguire deformazioni che rendono necessari scavi e riporti.)
- **Tempi di costruzione più brevi.** Le riciclatrici Wirtgen sono capaci di elevate produzioni giornaliere che accorciano in maniera significativa i tempi di costruzione, se paragonati agli altri metodi di ripristino. Tempi di costruzione più brevi producono una riduzione dei costi di progetto, un minor disagio per gli utenti della strada ed una diminuzione dei rischi di cantiere sia per le maestranze che per il traffico.



- **Sicurezza** Uno dei vantaggi più importanti è l'elevato grado di sicurezza della circolazione garantito da questo processo. L'intero treno di riciclaggio può operare su una sola corsia di marcia. Nel caso di strade a due corsie, ad esempio, l'intervento di riciclaggio può essere eseguito su una semicarreggiata durante il giorno e l'intera carreggiata, inclusa la corsia riciclata finita, può essere riaperta al traffico all'imbrunire.
- **Efficacia in termini di costo.** L'insieme dei vantaggi sopra descritti porta a ritenere il riciclaggio a freddo il processo più interessante, in termini di efficacia dei costi, per il ripristino delle pavimentazioni stradali.

8. LE NOSTRE ESPERIENZE

Tra i vari lavori eseguiti con tale tecnologia, segnaliamo i seguenti:

- 2006-2007-2008: Autostrada A22 del Brennero – Manutenzione straordinaria;
- 2007: Interporto Center Gross di Bologna – Manutenzione straordinaria
- 2006: Comune di Sassuolo – Global Service Strade
- 2008: Provincia di Modena Risanamento SP 16 di Spilamberto;

Relativamente ai primi 2 riportiamo di seguito una trattazione più approfondita in quanto trattasi di applicazioni a differenti tipologie di pavimentazioni soggette a carichi e forze altrettanto differenti.

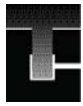
8.1. AUTOSTRADA A22 DEL BRENNERO

L'autostrada A22 è una delle tratte della rete italiana che portano al confine di stato da dove si dipartono poi i collegamenti con il sistema autostradale Europeo. In particolare l'Autostrada del Brennero realizza un'importante via di comunicazione tra Sud e Nord Europa a partire da Modena, collegando nella pianura Padana la dorsale A1 - Autostrada del Sole con Austria e Germania in corrispondenza del valico del Brennero.

I volumi di traffico smaltito dalle carreggiate a due corsie sono compresi tra 30 ed i 40 mila veicoli giornalieri, di cui circa 1/3 di mezzi pesanti, per un totale annuo di circa 61 milioni di veicoli.

Gli interventi sono localizzati tra i caselli di Reggiolo e Campogalliano dove, specie sulla corsia di marcia lenta, si erano individuati problemi di portanza risultanti dalle verifiche analitiche effettuate con il FWD.

Come in ogni intervento di riciclaggio a freddo, un laboratorio ha effettuato prelievi ed analisi sui materiali costituenti la pavimentazione stradale e, dopo test e studi, ha formulato la miscela di progetto.



**SCHEDA N.
STNTS02**

RIGENERAZIONE A FREDDO DELLE PAVIMENTAZIONI

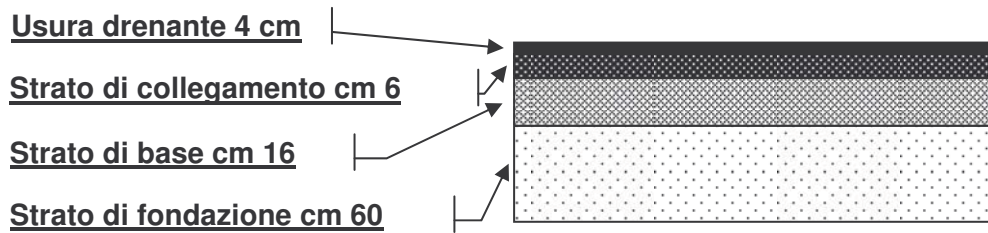


Figura 8: fresatura dei primi centimetri della pavimentazione da trattare.



Figura 9: treno composto da cisterna emulsione, stabilizzatrice e rullo.

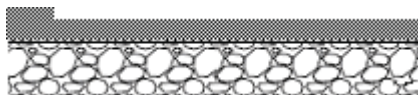
La pavimentazione autostradale originale risulta composta da quattro strati per uno spessore totale di 86 cm come rappresentato nello schema successivo.

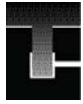


Strati componenti la sovrastruttura autostradale

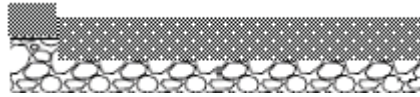
Gli interventi manutentori interessano una larghezza di 4 metri a cavallo della corsia di marcia lenta e dove si effettua una fresatura preliminare dello strato di binder e d'usura. Successivamente si procede al riciclaggio in situ, mediante stabilizzazione con cemento al 2.7% ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata al 3%, della pavimentazione sottostante per uno spessore totale di 35, mantenendo un'umidità ottimale intorno al 3.8%.

FASE 1 Pre-fresatura del conglomerato esistente 12 cm

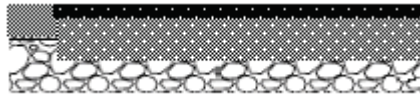




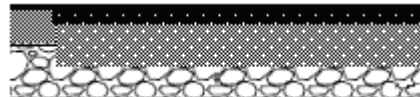
FASE 2 Riciclaggio di 35 cm con cemento ed emulsione sovrastabilizzata di bitume modificato



FASE 3 Stesa strato di binder di cm 6



FASE 4 Stesa del tappetino drenante di cm 4



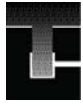
Per effetto della lavorazione e dei materiali aggiunti, di norma si ha un aumento dello spessore dello spessore finito, rispetto a quello trattato, pari a circa il 5%. Ecco perché, fresando 12 cm, si ritorna alla quota originaria con cm 6 di binder e cm 4 di tappeto.

A riprova della buona riuscita dell'intervento, dopo 12 ore dall'intervento di riciclaggio sono state eseguite delle prove di carico su piastra che hanno restituito moduli di deformazione compresi tra i 100 N/mm² ed i 130 N/mm² nel ciclo compreso tra 0,25 N/mm² e 0,35 N/mm²; le stesse prove sono state effettuate a distanza di 24 ore con valori compresi tra 200 N/mm² ed i 2500 N/mm². Da questi dati si deduce che con il passare del tempo la reazione tra i leganti si fa più stabile, a tutto vantaggio della portanza.

8.2. INTERPORTO CENTER GROSS DI BOLOGNA

L'Interporto di Bologna consiste in un sistema integrato di infrastrutture ferroviarie e stradali che si estendono su una superficie di oltre mq 2.000.000. E' localizzato a 15 Km a nord della città di Bologna, è collegato all'intera rete ferroviaria nazionale attraverso la Bologna-Venezia ed alla rete autostradale tramite l'A13 Bologna-Padova. Questi numeri lo rendono il perno del sistema logistico ed intermodale dell'Emilia Romagna con innumerevoli scambi di merci.

Gli spostamenti dei containers all'interno dell'area dell'interporto avvengono con l'ausilio di particolari carrelli a 3 o 4 ruote capaci di movimentare pesi intorno alle 18 T.



Sotto l'azione di tali carichi, la pavimentazione esistente ha subito degli ammaloramenti di notevole entità obbligando la committenza, con l'ausilio dei nostri tecnici, a studiare la soluzione migliore atta a risolvere il problema

Rimossa la pavimentazione superficiale in betonelle e lo stabilizzato sottostante, il materiale in sito è stato stabilizzato a calce in quanto molto plastico e quindi poco portante.

Successivamente si è proceduto con lo stendere lo stabilizzato precedentemente rimosso e si è intervenuti tramite un riciclaggio in sito dei due strati con dosaggi di 2,5% di emulsione e 4% di cemento.

I moduli di deformazione ottenuti a 12 ore dall'intervento hanno restituito valori compresi tra 230 N/mm² e 400 N/mm².

9. CONCLUSIONI E CONTATTI

Come si è cercato di illustrare nella seguente trattazione, il riciclaggio a freddo delle pavimentazioni stradali è un metodo in grado di soddisfare varie esigenze in sede di manutenzione, ripristino e realizzazione delle infrastrutture viarie in quanto permette **interventi mirati** e specifici commisurati al singolo problema, **riducendo notevolmente i tempi** di realizzazione (le condizioni climatiche hanno un'influenza minore rispetto ai sistemi tradizionali) il tutto con un **occhio di riguardo all'ambiente** (meno cave di prestito, meno discariche, minor dispendio di energie); tutto questo si traduce in un **risparmio economico**.

Per informazioni, sopralluoghi ed ogni Vostra problematica, la nostra struttura tecnica mette a Vostra disposizione l'esperienza maturata con l'appoggio di laboratori, fornitori e collaboratori di elevata competenza.



***Renovation of existing road
foundations and pavements, through
cold recycling on site***

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<p>PRODUCT DATA SHEET</p>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 1 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<p>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</p>	

INDEX

1. INTRODUCTION	2
2. RECYCLING IN THE WORLD	3
3. ROAD PAVEMENT	4
3.1. COMPONENTS OF THE ROAD PAVEMENTS	4
3.2. CAUSES OF DETERIORATION	7
4. RECOVERY OF ROAD PAVEMENT	10
5. METHODS AND APPLICATIONS	12
5.1. SURFACE TREATMENT	12
5.1.1. TREATMENT WITH ONLY BITUMEN EMULSION	12
5.1.2. TREATMENT WITH BITUMEN EMULSION AND CEMENT	12
5.2. DEEP TREATMENT	12
6. PERFORMING METHOD	13
6.1 RECYCLING IN SITE	13
6.1.1. STABILIZATION PROCESS WITH ASPHALT EMULSION	15
7. ADVANTAGES OF A COLD RECYCLING	16
8. OUR EXPERIENCES.....	17
8.1. BRENNER MOTORWAY A22	18
8.2. INTERPORT GROSS CENTER OF BOLOGNA	20
9. CONCLUSIONS	20

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 2 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

1. INTRODUCTION

In the latest years, the volume of traffic on the roads has increased consistently because the road transportation is faster and more flexible than rail transportation. This phenomenon “the higher traffic” together to, the higher axle load of the trucks and "advanced age" of the roads (many of them have been used for over twenty years) are the elements that contribute to the unforeseen deterioration of the roadways. When the defects of bituminous pavements are clearly visible due to poorness of the road foundation, the most usual solution to restore the right road foundation is to scarify the entire road structure and replace it with a new one dimensioned on the subjected road.

The weaknesses of this method of intervention are: high costs, longer times, and strenuous disposal of the material removed. Moreover, if there is the need to perform the operation under unfavorable weather conditions, in the shortest possible time and with the lowest impact on road traffic, the traditional method mentioned above becomes even unfeasible. A good alternative to this method is the cold recycling of road pavements. It consists, essentially, in the simultaneous stabilization of the foundation and of the asphalt base course by milling on site the existing materials with hydraulic binder (cement 32,5 R) and emulsion bitumen.

This methodology offers the following advantages:

- **lower environmental impact** because it reuses the existing flooring material and reduces road transports;
- **higher safety** because the operation can be performed by occupying a single lane;
- **lower costs** because there is no replacement of the materials;
- **shorter time** because the stretch worked can be reopened to traffic in just one day;
- **greater durability** of the road because with this operational method, the foundation will be less rigid than the traditional ones and therefore it will be more resistant to the stresses of the wheels.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 3 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

2. RECYCLING IN THE WORLD

Recycling on large scale of the waste products coming from various industrial sectors, can be considered one of the main goals of the modern world.

The reasons supporting the need of recycling are numerous and all equally important, as they have been reported in the general lines of the document "Recycling for road improvements" published by the OECD in 1997:

- lower quantities of raw materials;
- smaller dumping areas;
- lower air and soil pollution due to transport and incineration of waste;
- energy conservation;
- economic convenience;
- technical advantages.

In the most of the European countries there are strategic directives to support the environment and so recycling activities.

In the OECD report are also stated, the goals of the recycling processes of some Europe and not Europe countries, as summarized below :

Australia: a long-term re-use of 90% of the road materials exhausted

Austria: by 2000, reduce up to 50% the amount of waste

Belgium: from 1996 to recycle the 70% of the waste produced by the construction industry

Denmark: by 2000, reuse the 54% of the total of waste

France: no more stock in the dumping areas by 2000

Japan: increase from 42 to '80% the recycling of waste by 2000

Holland: recycling the 90% of waste produced by construction industry

United Kingdom: 15 years to double the use of recycled materials

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 4 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

Italy is not involved in the investigation OECD because, besides not having declared its goals, our Country did not answer to the technical questionnaire prepared and broadcasted by the author of the paper.

This fact is certainly indicative of the situation of confusion, disorganization and technology deficit prevailing in the italian recycling industry. Some thoughts about that can be summarized in the following points:

- Recycling activities are negatively affected by the continuous increasing of the costs for collecting and processing the waste, absolutely not competitive than virgins material;
- The competitiveness of this industry is adversely affected by the bad image of the recycled products, which are very often equated with low-quality products.

3. ROAD PAVEMENT

The wording "road pavement" indicates the structure appropriate to ensure the practicability of vehicular traffic and It has to perform three main functions:

- a. ensuring a smooth rolling surface and slightly deformable by road vehicles;
- b. sharing the static and dynamic actions of vehicles on the road structure to avoid deformations on the road surface which are harmful for the comfort of travelling, the vehicle structure, safety and durability;
- c. protecting the ground from the atmospheric agents and ensuring a rapid dewatering in order to maintain the road surface in good conditions even under the actions of leaching, freeze-thaw, etc.

Most italian roads have a flexible or semi-rigid structure. In thus structures, the loads are transferred to the substrate through a series of layers of stiffness descending from the surface to the substrate.

3.1. COMPONENTS OF THE ROAD PAVEMENTS

ROAD SURFACE: it is constituted by the upper layers made of bituminous concrete which have features both flexible and semi-rigid. These layers have different characteristics of flexibility in relation to the position in the road structure, and then under the stress to which it is submitted. Starting from the top, the layers are:

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 5 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

- **Asphalt wearing course** of closed type as it has no large aggregates and bitumen containing a quantity of up to 6% based on the weight of the aggregates;
- **Asphalt binder course:** consists of a bituminous semi-open because it is packed with coarse aggregates, with fine materials and a bitumen content less than that of the surface course;
- **Asphalt base course:** consists of bituminous coarse-grained and content of the bitumen approximately 4% reported in the weight of the aggregates;

It constitutes the interfaces with the flow of traffic and the environment, it serves to protect the structure of the pavement from both these elements, offering durability and impermeability.

- **Protection from traffic.** The rotation of the tire affects the mantle surface in two ways:
 - The stresses transmitted by the wheel loads are predominantly in the vertical plane; however, the horizontal component may be an important factor, particularly in curves and in steep slopes. Therefore the material used for the construction of the road surface must own resistance characteristics enough to bear all these stresses without being broken by compression or deformation;
 - The action of friction exerted by the tires, especially when you deal with a curve, tends to abrade the road surface. Over time, this polishing effect causes a reduction of the properties of friction (slip resistance) of the surface that becomes slippery, especially when it is wet, and therefore dangerous.
- **Protection from the environment.** The road surface is continually subject to two major forms attacks from the environment: the thermal effects and the “deterioration caused by the sunshine”, so it must have the following two properties:
 - **Flexibility:** allowing him to repeatedly expand and contract according to temperature variations;
 - **Duration:** that allows the absorption of the daily ultraviolet rays without premature aging. The bitumen is one of the most frequently used materials for road surfaces because it is characterized by flexibility, durability and high resistance. The hot asphalt (bitumen with a quantity of approximately 5%) is generally used for achieve coats of first quality in the roads with heavy traffic, while the cheapest surface treatments, which employ waterproofing flakes, are used where the traffic is light.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h2>PRODUCT DATA SHEET</h2>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 6 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

BASE STRUCTURE: it is used to transfer the load from the surface to the substrate. It is always composed of various layers of material having different resistance characteristics; each layer has the function to distribute the load that it receives from the upper part on a larger area of the underlying part. The layers placed at the top of the structure are subject to levels of stress more than the lower layers and therefore must be built with stronger materials. The type of reaction of the material to a imparted load primarily depends on the properties elastic material and the load characteristics (amplitude, rate of loading, etc..).

Let's see below what are the most important features:

- The granular materials, which include crushed stone and gravel, transfer the loads applied through the individual grains, or armor, of the structure. The intergranular friction retains the structural integrity but, but when the loads are repeated, there occurs a gradual process of densification as that granules are closer to each other. This phenomenon can occur at any level of the structure causing a deformation of the surface. Normally this deformation occurs in the form of grooves that are formed in the areas of footprint of the wheels (ruts).
- The bound materials, which include the stabilized materials and asphalts, act as a slab. The application of a vertical load on the surface of a slab generates stresses of horizontal compression in the lower half of the slab with maximum stresses in the upper and lower sides. The deformation caused by these stresses, in particular those derived from tensile stresses in the lower part, eventually causes a type of fatigue breakdown for the effect of the several sequences of load/unload. That cracks start in the bottom part of the structure and then grew vertically proportionately to the loading/unloading cycle.

The deformations that occur in the natural material and the typical fatigue cracks of the bound material are both related to the number of load repetitions.

SUBGRADE: The natural terrain placed under the pavement structure can be both “in situ” local material or carried-in material. The strength characteristics of this material determine the type of structure of the flooring able to distribute the imparted load to the surface, in such way thus load is sustained without causing permanent deformation.

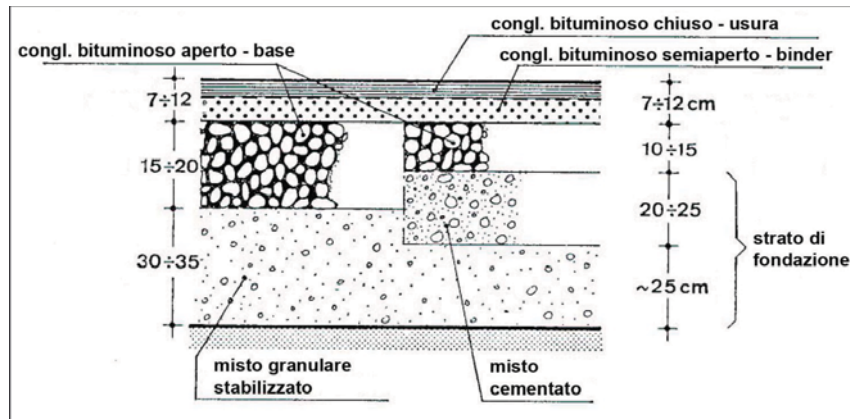


Figura 1: strati componenti pavimentazione stradale

3.2. CAUSES OF DETERIORATION

Road pavement wear out for several reasons, the two most important causes are represented by the heavy traffic load and environmental factors.

a) traffic load

During the design of road pavement and the stress-strain calculation, we refer to a standard load, where it varies according to the regulations in use. Regardless of the value of the standard load (in Italy the standard axle is 12 tons = 120 kN, CNR 178 of 15.09.1995), the normally used models for calculation are based on the assumption that the worst condition for a road pavement is formed by the vertical component of the load, and then by the weight of vehicles. This assumption is not entirely true because the vehicles are on moving so the load that under static conditions assumes only a vertical component in dynamic conditions it can submit sliding (horizontal) components. Based on this assumption, on the roads there are three critical areas:

- -curves in which the centrifugal action of the vehicle causes an increase in weight on the outer axle shaft and a lightening of the inner axle shaft;
- -crossings, particularly if regulated by traffic lights or stop signs (STOP GIVE WAY), we have special conditions as at the time of braking, and after the restart, the vertical load assumes a transverse component;
- -ascent and descent, since, as in the previous case, it accelerates (ascending) or brakes (descending) and actions create friction between tires and pavement.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 8 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

b) atmospheric agents

The sun's ultraviolet rays in a continuous presence cause, a slow hardening of the bitumen, reducing its elasticity and with the formation of cracks when the pavement restricts during the cooler period. Once the surface has lost its structural capacity due to these cracks, the flooring tends to deteriorate even at a faster rate due to the water penetration.

The effects of the load imparted by the traffic causing the development of pits and cracks within of the pavement structure. Each passing vehicle causes a slight temporary deformation on the pavement structure. The deformation induced by a light vehicle is so small to be irrelevant as the heavy vehicles cause relatively large deformations. The passage of numerous vehicles has a cumulative effect that generates gradually permanent deformations and /or fatigue cracks.

c) lowering of the load-bearing capacity

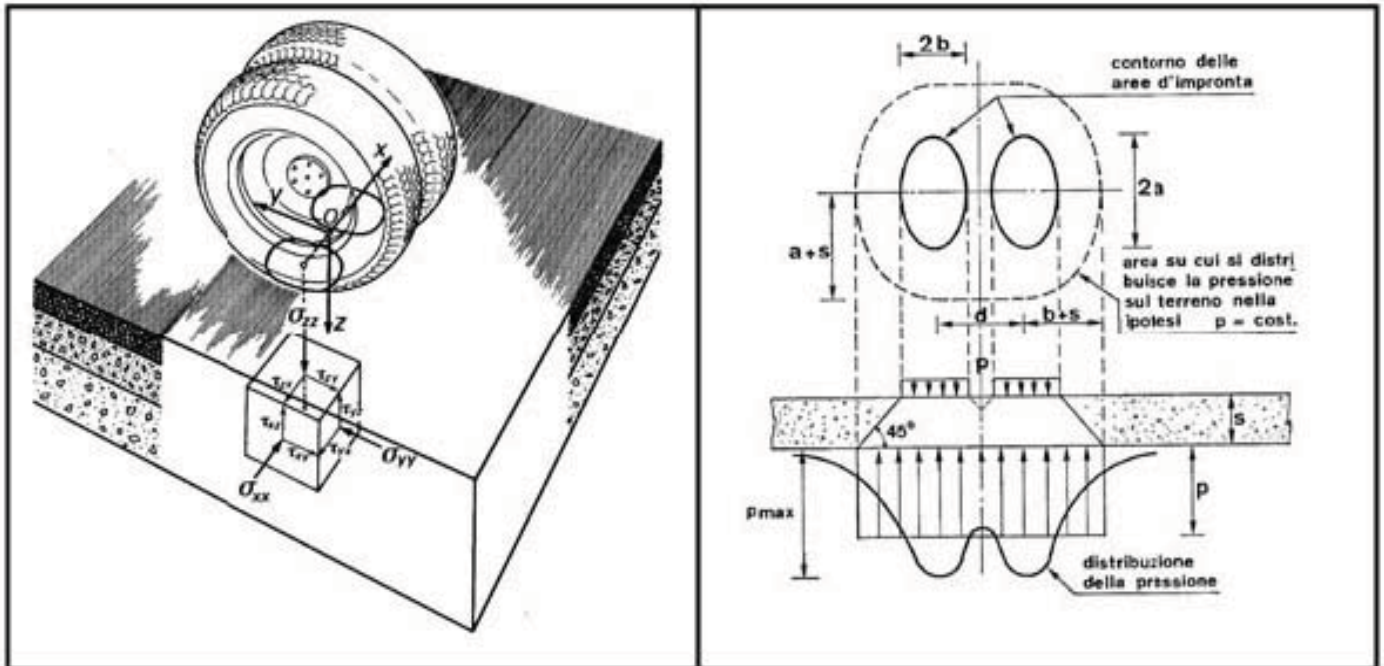
During the useful life of a road, axle loads greater than those established and higher traffic than expected, causing degradation and rupture of the supporting layer of pavements which causes the formation of ruts and crocodile cracking in correspondence of the footprints of the wheels.



Figura 2: deformazione a pelle di coccodrillo

This happens because, at each vehicular step, the granular material constituting the foundation is subjected to frictional forces that determine the friction between the aggregates coarse and real action pumping induce a flow of the subgrade through the surface. This deterioration is exponentially growing if you are in the presence of clay substrates (in our country this condition is very common), especially in the presence of high levels of humidity where the fine material ascends

through the voids of the foundation layer with its contamination. The contamination of the dry material of the foundation reduces its mechanical properties with the consequent decrease in the flexural rigidity of the entire pavement.



d) frost action (cycles of freezing and thawing)

The winters, especially those with hard frost depth, can greatly contribute to road deterioration process. The frost action causes cracking due to expansion of road pavement during the freezing and the formation of ice lenses in the foundation. In these conditions it creates a tensional state able to beat the resistance of the bounded layers associated with subsequent breakdown and longitudinal cracking.



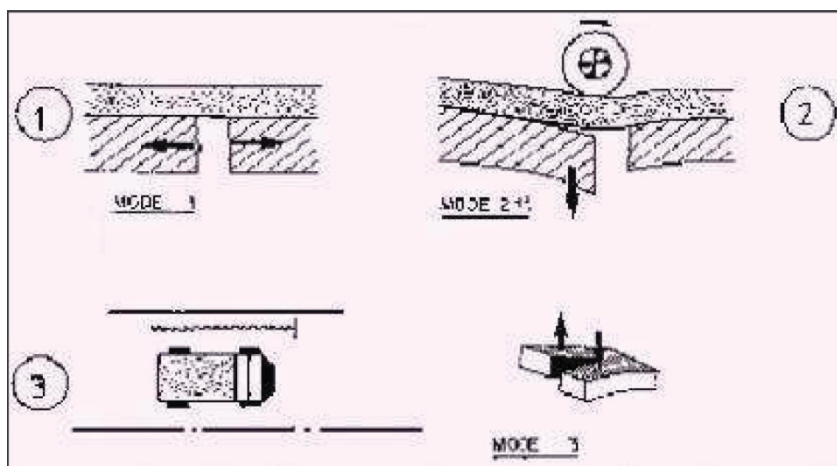
e) reflected cracks

Typically, when the pavement begins to show the first signs of deterioration, we proceed with the application of a new layer of hot asphalt on the pre-existing one, in order to create such a new smooth and homogeneous surface.

But when a old crack is covered tends to rise to the surface. The reflected cracking is a phenomenon that consists in the propagation of cracks in the old pavement through the new one. This phenomenon depends on: the pavement structure, type of the constituent material, characteristics of the original cracking, temperatures and loads. It is a serious phenomenon

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 10 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

because it decreases the life of the new layer with the consequent expenditure of energy and materials.



Regardless of the arising cause (deterioration of the pavement, lower bearing capacity, frost action), once the crack penetrates through the protective layer and the water enters into the underlying structure of the pavement, the presence of water in the unbound granular material make it unstable and involves a reduction of the resistance which in turn causes an increase of the degree of deterioration. Moreover, the water transmits predominantly vertical wheel loads in the form of pressures that erode quickly the structure of the granular material and cause the separation of the bitumen from the aggregate of asphalt. In these conditions the fine fractions of the pavement material are ejected upward through the cracks, with the consequent development of large voids inside of the pavement. The formation of holes and the rapid deterioration of the pavement are the immediate consequence of the wear and tear of the road. In those cases where the temperature drops below 4°C, any water present in the pavement, it expands creating hydraulic pressure, even in the absence of wheel loads. The deformation caused by repeated freeze/thaw cycles is the most serious aspect for a pavement characterized by cracks, it follows its breakdown.

4. RECOVERY OF ROAD PAVEMENT

The recovery methods aimed at solving problems that affect the inner part of the structure of a pavement are generally considered long-term solutions. In dealing with structural problems must be recalled that it is the structure of the pavement that is deteriorated and not necessarily the materials contained in it.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<p>PRODUCT DATA SHEET</p>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 11 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<p>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</p>	

The consolidation of the foundations is a form of improvement, higher density of the material means higher characteristics of resistance. However, to allow the compaction is necessary to demolish the layers constructed with bound material. As a rule, the goal of a structural consolidation

should be to maximize the value of the existing pavement recovery.

The following are the various options for structural recovery:

a) Total Remake

This is the choice used until now when the restoration is combined with a project improvement characterized by significant variations of the alignment of the road. Indeed, where the traffic volume is high, we prefer to build a new road embankment with an array separated thereby avoiding issues related to processing carried out in the presence of traffic. However, this, involves an increasing cost, a high environmental impact and a long time realization.

b) Construction of additional layers

Thicker asphalt layers are often the easiest solution for a structural problem if the volume of traffic is high. As described above, in this way we do not completely remove (we just delay it) the risk of cracking reflected and/or we increase the elevation of the road causing problems with drainages and accesses.

c) Recycling in the depth of the pavement

With this new technique, we work directly on the collapsed part reusing material in the site in order to create a new layer and often with homogeneous characteristics of higher resistance. Additional layers may be added in the need of significantly improving the pavement. Stabilizing substances are often added to the recycled material, especially in the case where the existing embankment is of inferior quality to the new requirements and it is requested an operation of consolidation. The recycling aims to recover as much as possible the existing pavement, without affecting the structure located below the level of recycling.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<p>PRODUCT DATA SHEET</p>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 12 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<p>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</p>	

5. METHODS AND APPLICATIONS

The cold recycling is a process with many facets, capable of satisfying various needs in the maintenance and rehabilitation of roads. It can be divided into two basic categories according to whether we should operate superficially (pack of asphalts) or we should push deeper and so up to the foundation layer. As a second criterion of classification, can be divided into two categories depending on the usage of stabilizing agents or not.

5.1. SURFACE TREATMENT

The absence of permanent depressions on the surface of roads excludes a foundation characterized by structural failure, therefore, the intervention of recycling only affect the package of bituminous conglomerates.

5.1.1. TREATMENT WITH ONLY BITUMEN EMULSION

It consists of a real rejuvenation of road pavement, where we obtain a cold bituminous conglomerate just with the addition of bitumen emulsion, mixed to a layer of recycled material relatively thin (about 100 mm) with a regenerating function.

5.1.2. TREATMENT WITH BITUMEN EMULSION AND CEMENT

With the addition of the cement, too, we will get a product with greater characteristics of resistance than those obtained with the rejuvenation process and even of traditional technologists realization of bituminous conglomerates: it is therefore recommended to the main roads affected by an heavy traffic. Usually, we lay on the recycled layer a layer of binder course and a layer of wearing course of a thickness enough to ensure optimal conditions of adherence to the passing vehicles.

5.2. DEEP TREATMENT

Ruts and crocodile cracking are the markers of structural failure of the bearing layer of the pavement and then the foundation.

In these cases we proceed by recycling at depths between 150 and 350 mm, according to the situation. The majority of these interventions are carried out with the combination deep emulsion-

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<p>PRODUCT DATA SHEET</p>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 13 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<p>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</p>	

cement as a rigid cement ties are spaced by plastic ties emulsion therefore the finished product has an higher breaking point and therefore it has a greater resistance to deformation by the load and a lower permeability.

6. PERFORMING METHOD

Cold recycling can be done "in-plant", that is carrying the material recovered from an existing road to a centralized vault, where it is regenerated in a suitable fixed plant (for example a forced mixer), or "in-place", that means using a soil stabilizer. The

recycling in fixed installation is often the most costly option in terms of cost per cubic meter of reclaimed material, especially because you have to bear the cost of transportation, that there would not be, recycling the material on site. Nevertheless, both methods of recycling are used in the construction industry, and the choice of the most appropriate interventions to be performed is dictated by following factors:

- The type of construction: normally regeneration in fixed plant is considered where the recycled material must be used for the construction of a new layer of paving, for example to increase the bearing capacity of an existing pavement.
- The material presents on site or in the existing pavement: If we must recycle the material of the upper layers of the existing pavement, sometimes the variability and/or the condition of the material recycled justify a selection process or the pretreatment (for example the milling of thick layers of asphalt on site with subsequent screening).

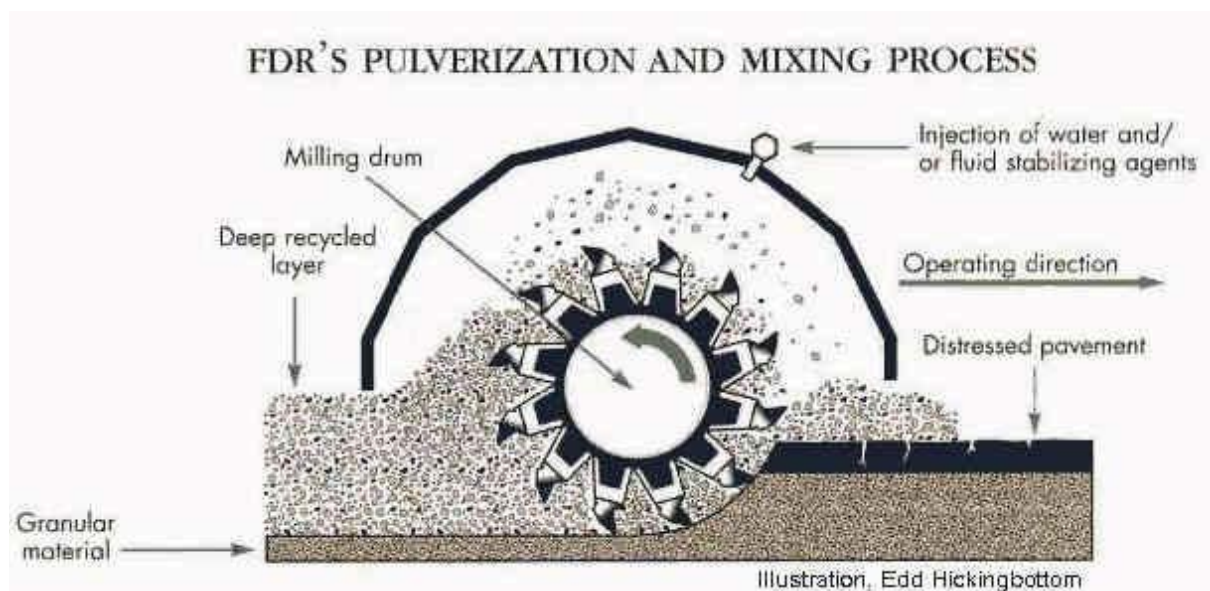
The regeneration on site has become popular thanks to the incoming of large and powerful recyclers machine, able to restore the paving at a fraction of the cost of reconstruction with conventional methods.

6.1 RECYCLING IN SITE

The recyclers machines are cold milling machines modified or adapted stabilizers machines that are evolved over time. They are designed specifically to be able to recycle in a single pass some layers of great paving, modern recyclers are usually big machines that offer high performance, mounted on tracks or on large rubber wheels. The "heart" of a recycler is constituted by the milling

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 14 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

and mixing rotor, which is fitted with a large number of special cutting tools. Normally that rotor rotates in the opposite direction to the running one, pulverizing the material of the existing pavement, as shown at fig. 6.



While the machine moves forward with the milling drum rotating, the water, contained in a tanker connected to the recycler, is delivered through a flexible hose and sprayed inside the compartment of mixing of the recycler. The amount of the water is precisely metered by a pump system controlled by a microprocessor, and the rotating roller thoroughly mixes the water with the recycled material, in order to obtain the moisture content necessary to achieve high degrees of compaction. In a similar way can be directly injected into the mixing compartment also liquid binders, such as a cement slurry or bitumen emulsion, either individually or together.

It is also possible to inject into the mixing chamber a well foamed bitumen through a separate spray bar specially designed. The binders in powder form, e.g. hydrated lime, cement, etc., are normally scattered on the existing pavement just in front of the recycler. The stabilizer passes over the powder and mixes it in a single step with the milled material and the injected water.

The trains of recycling can have different configurations depending on the type of application and the type of binder which is employed. In all cases, however, the recycler serves as a locomotive and pushes or pulls the equipment attached to it by means of tow-bars. Figure 7 illustrates the typical composition of the recycling train.

Before mixing, we measure with precision the doses of prescribed cement and water in order to form a fluid suspension which is then pumped through a hose to the recycler and injected into the

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<p>PRODUCT DATA SHEET</p>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 15 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<p>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</p>	

mixing chamber . Alternatively , the cement can also be spread in the form powder on the floor in front of the recycler . In this case the slurry mixer is replaced by a tanker for water. The material exiting the recycler is pre-compacted by a heavy vibratory roller to achieve a degree of densification uniform throughout the recycled material.

Subsequently, the material is profiled by a motor grader before being compacted by vibratory rollers and rubber rollers. In case you are using bitumen emulsion or foamed bitumen together with cement slurry, the recycling train will have a similar setup: a tanker of bitumen is positioned in front of the slurry mixer, from which it is pushed. If the concrete is scattered in powder form on the road surface in front of the recycling train, the tank Bitumen is hooked directly to the recycler, and in front of the train is also pushed the water tanker which acts as a lead vehicle.

6.1.1. STABILIZATION PROCESS WITH ASPHALT EMULSION

Bitumen emulsions were originally developed to overcome the typical difficulties of processes that involve the usage of hot bitumen and, to achieve at room temperature mixtures with wet material. An emulsion is composed of two immiscible liquids, one dispersed in the other in the form of droplets or small globules. The most common bituminous emulsions are formed from droplets of bitumen dispersed in the continuous aqueous phase, in which the particles of bitumen cannot stack for the presence of an active substance on the surface (an emulsifier) which forms a film protection around the particles. Most of the emulsions used as stabilizing substances have a component of "residual bitumen" of 60%, which means that the emulsion volume is composed of 60% of bitumen dispersed in 40% (by volume) of water. After realizing the mixture with the material, the water evaporates and the bitumen particles join together, forming a

continuous film that is deposited on the surface of the aggregate. It is commonly said that the aggregate "breaks", this phenomenon is caused by:

- loss of water through evaporation or absorption by the material which is mixed;
- chemical coagulation due to a process of reaction between the emulsion and the aggregate;
- mechanical disturbances caused by excessive pumping pressures, mixing processes and effort compaction;
- chemical composition of the emulsion;

Normally, the cement is used in conjunction with bitumen emulsion. In addition at increasing the ability to maintain the strength, the cement acts as a kind of catalyst, increasing original features of

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h2>PRODUCT DATA SHEET</h2>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 16 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

resistance. A research conducted to study the effects of mixing cement and bitumen emulsion proved that we can add cement for a rate of 2% of the mass without significantly reducing the fatigue characteristics of the granular base course layer.

There are two types of bitumen emulsions anionic ones and cationic ones. The fundamental difference among them is the load on the ions of bitumen suspended and the “phase” of suspension. In an anionic bitumen emulsion, the bitumen particles have a negative charge in an alkaline phase, while in the cationic emulsion, the bitumen particles have a positive charge in the acid phase. Chemicals, called stabilizers, are added in both types of emulsion, to get a longer time of breakage, reducing considerably the magnitude of the charge between the particles of bitumen and the aggregate.

Anionic emulsion breaks down only when the water containing the suspended bitumen evaporates or is absorbed by the aggregate or cement. Otherwise, the cationic emulsions break chemically, which implies that special chemicals are added during the production process, which cause the separation of bitumen from the water after a certain period of time.

The only reason of using bitumen emulsifier stabilizer is that it allows us to mix the bitumen with cold and wet materials.

7. ADVANTAGES OF A COLD RECYCLING

The adoption of the cold recycling process for the restoration of pavement offers, the following obvious advantages:

- **Environmental Factors.** All the materials of the existing pavement are reused. Therefore we do not the need for finding appropriate storage areas, and the volume of new filling material extracted from quarries is minimized in order to limit the disfigurement of the environment inevitably caused by the opening of quarries and borrow pits. It is also drastically reduced the amount of transport operations and the overall energy consumption is significantly reduced.
- **Quality of the recycled layer.** We get a mix of high and constant quality of the materials on site with water and binders. The pumping systems controlled by a microprocessor allow to obtain a precise metering of liquids / binders added. The recycled material and additives are well mixed within the mixing chamber.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 17 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

- **Structural integrity.** The cold recycling process generates thick and homogeneous bonded layers, which do not contain weak interfaces between the thinner layers of the pavement.
- **Minimal impact on the substrate.** The impact on the subgrade of the pavement is minimal compared to one of remedial measures executed with conventional machines. The cold recycling process is usually single-pass operation. One wheeled recycler spreads material from the rear, thus avoiding any contact between the tires and the substrate uncovered. (The reprocessing of pavement material with conventional machinery submits the subgrade at high repeated loads. a consequence may be the occurrence of deformations that involve extraordinary excavations and backfilling.)
- **Shorter time for construction.** The Wirtgen recyclers are capable of high daily production, that shorten the construction time, when compared to other recovery methods. Shorter construction time produce a reduction of project costs, a less discomfort for the users of the road and a reduction of the risks on site for both the construction workers and the traffic.
- **Safety.** One of the most important advantages is the high level of traffic safety guaranteed by this process. The entire recycling train can operate on a single lane. In case of two-lane roads, for example, the intervention of recycling can be run on a semi-roadway during the day and the entire roadway, including the just recycled lane can be reopened to traffic at dusk.
- **Effectiveness in terms of cost.** The whole of the advantages described above leads us to believe in recycling cold process more interesting, in terms of cost effectiveness, for the restoration of paving.

8. OUR EXPERIENCES

Among the various works carried out with this technology, we point out the following:

- 2006-2007-2008: A22 Brenner motorway - Extraordinary maintenance;
- 2007: Gross Freight Center of Bologna - Extraordinary maintenance
- 2006: Municipality of Sassuolo - Global Service Roads
- 2008: Province of Modena Spilamberto cleansing SP 16;

With regard to the first 2 jobs it will follow a more detailed discussion to explain the process to different types of pavements, which were subjected to loads and forces equally different.

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 18 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

8.1. BRENNER MOTORWAY A22

The motorway A22 is one of the sections of the Italian network leading to the state line from where depart the connections with the European highway system. In particular, the motorway Brenner realizes an important communication route between South and North Europe from Modena, linking in the Po Valley the dorsal highway A1 - Autostrada del Sole with Austria and Germany in the correspondence of the Brenner Pass.

The volume of traffic generated by the two-lane roadways are between 30 and 40 thousand vehicles per day, of which about one third of heavy vehicles, for an annual total amount of about 61 million vehicles. The interventions are located between the exits and Reggiolo and Campogalliano where, especially on the right lane, had identified the problems of bearing capacity resulting from the analytical tests carried out with the FWD.

As with any intervention of cold recycling, a certified laboratory carried out sampling and analysis of the materials composing the road pavement and, after tests and studies, adopted the mixture of the project.



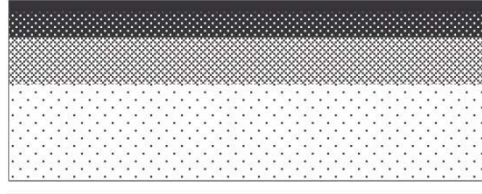
	TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 19 of 21
SHEET N. PDSNTS02		<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

The original highway pavement is composed of four layers for a total thickness of 86 cm as shown in the next diagram.

Draining wearing course 4 cm

Bituminous Binder Course layer 6 cm

Bituminous Base Course 16 cm



Sub-Base Course (Foundation layer) 60 cm

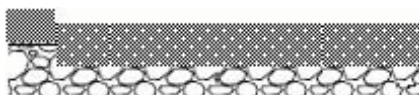
Sub-Grade Layers forming the superstructure highway

The interventions maintainers affecting a width of 4 meters in the right lane (slow e heavy traffic lane) and where we make a preliminary milling of the binder course and wearing course. Subsequently we proceed to the recycling on site process by stabilization with cement at 2.7% and bitumen emulsion over stabilized to 3% of the pavement below for a total thickness of 35, keeping optimum humidity around 3.8%.

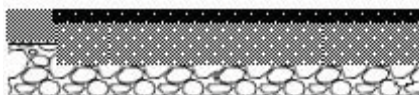
Phase 1: Pre-milling of the existing asphalt 12 cm



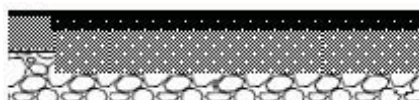
Phase 2: Recycling of 35 cm with cement and emulsion over stabilized of modified bitumen



Phase 3: Paving the binder course of 6 cm



Phase 4: Paving the draining wearing course of 4 cm



Through processing the added materials, normally there is an increase of 5% in the finished thickness of the treated material. That is why, milling 12 cm, returns to the original elevation

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<p>PRODUCT DATA SHEET</p>	<p>PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 20 of 21</p>
<p>SHEET N. PDSNTS02</p>	<p>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</p>	

paving 6 cm plus 4 cm of asphalt layers. As evidence of the success of the intervention, 12 hours later of recycling, they were performed bearing capacity tests that they have returned modules of deformation between the 100 N/mm² and 130 N/mm² in the cycle between 0.25 and 0.35 N/mm² N/mm², the same tests were carried out after 24 hours with values ??between 200 N/mm² and 2500 N/mm². These dates implies that the binders reaction becomes stronger with the aging, all to the advantage of the bearing capacity.

8.2. INTERPORT GROSS CENTER OF BOLOGNA

The Bologna Freight Village consists of an integrated rail and road infrastructure which extend over an area of ??over 2,000,000 square meters. It is located 15 km north of the city of Bologna and it is connected to the entire national rail network through the Bologna-Venice and the network motorway through the A13 Bologna-Padova. These numbers make it the pivot of the logistics system and intermodal Emilia Romagna with countless trade in goods. The displacements of the containers within the interport have been driven by special lifter with 3 or 4 wheels capable of handling weights around 18 T.

Under the action of these loads, the existing pavement suffered the damages of considerable extent by requiring the client, with the help of our engineers, to study the best solution able to solve the problem.

After the removal of the concrete blocks pavement and of the below granular base layer, the subgrade material on site has been stabilized with lime because it had a too much plastic index and a lower bearing capacity . Then we proceeded with the backfilling of the granular base material previously removed and then we performed an on-site recycling of the two layers with the doses of 2.5% emulsion and 4% of cement.

The modules of deformation obtained 12 hours later, they have returned values ranging from 230 N/mm² and 400 N/mm².

9. CONCLUSIONS AND CONTACTS

As we have tried to illustrate in the following discussion, the cold recycling of

road paving is a method capable of satisfying various needs in the maintenance, rehabilitation and construction of road infrastructures as it allows targeted and specific operations, commensurate with the individual problem, greatly reducing the working times (weather conditions have less

 <p>TURCHI CESARE S.r.l. Quality Management</p>	<h1>PRODUCT DATA SHEET</h1>	PDSNTS02 Rev. 0 Pag. 21 of 21
SHEET N. PDSNTS02	<h2>COLD RECYCLING OF PAVEMENTS</h2>	

power on cold recycling than conventional systems), paying attention on the environment (less borrow pits, less dumping areas, less expenditure of energy), all this means an economic saving.

For information, location scout and all your problems, our technical structure offers to You the experience gained with the support of laboratories, suppliers and contributors with high level of competence.



Sede e amministrazione
Headquarters and administrative offices

42048 Rubiera (RE)
via Emilia Est, 10
tel. +39 0522 627422 - 628886
Fax +39 0522 628991
info@turchicesare.it
www.turchicesare.it

Sito Produttivo
Manufacturing site
41010 Modena - Frazione Marzaglia
via Cave Convoglio, 42
tel. +39 059 389120
fax +39 059 389664

C.F. e P. Iva 01214260356