



UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI CATANIA
FACOLTÁ DI INGEGNERIA

Dipartimento di Metodologie Fisiche e Chimiche per l'Ingegneria

Corso di Tecnologie di Chimica Applicata

I Bitume e i suoi derivati

Prof. Giuseppe Siracusa

Deborah Motta

Salvatore Petralia



Bitumi e Derivati

Nel linguaggio comune termini come “bitume”, “catrame” o “asfalto” sono spesso usati indifferentemente, essi hanno significati diversi e devono essere usati con precisione. Un ulteriore, se non il principale, motivo di confusione è dovuto al fatto che, fra i diversi Paesi, esistono differenze sostanziali nel significato attribuito allo stesso termine



Definizioni

BITUME: materiale di colore bruno-nerastro, solido o semisolido a temperatura ambiente, con comportamento termoplastico. *Si ricava dalla lavorazione del petrolio grezzo.* E' una combinazione complessa di composti organici ad alto peso molecolare, con prevalenza di idrocarburi con numero di atomi di carbonio maggiore di C25 e alto valore del rapporto C/H. Oltre a piccole quantità di zolfo, azoto e ossigeno, contiene inoltre tracce di metalli quali nickel, ferro e vanadio. Praticamente non volatile a temperatura ambiente, insolubile in acqua e solubile in alcuni solventi.





Definizioni

BITUME NATURALE: costituito dal residuo formatosi in seguito a fenomeni naturali di ossidazione ed evaporazione delle sostanze più volatili dei petroli; presente in natura sotto forma di depositi, sotto forma di affioramenti, di vene, di sacche o di laghi. La sua composizione chimica presenta differenze significative dal bitume da petrolio.

Depositi di bitume nativo sono presenti in tutto il mondo, in zone con caratteristiche geologiche adeguate, nelle quali l'alta permeabilità delle formazioni rocciose ha permesso un processo di frazionamento naturale del petrolio greggio.





Bitumi naturali

L'uso dei bitumi naturali risale alle antiche civiltà sumere (6000 a.C.), indù (3000 a.C.) ed egizie (2600 a.C.), che li impiegavano per:

- l'impermeabilizzazione di opere navali;
- l'impermeabilizzazione di opere idrauliche;
- come mastici di collegamento nell'edilizia.

I bitumi naturali sono stati utilizzati anche in tempi assai più recenti per la pavimentazione stradale bituminosa.





Definizioni

ASFALTO: si tratta di una miscela di bitume con materiali inerti quali pietrisco, sabbia e altro. Rocce impregnate di bitume naturale si trovano negli Stati Uniti, nel Canada, in Francia, in Svizzera ed in Italia.

ROCCE ASFALTICHE: quando i bitumi contengono una percentuale di sostanze inorganiche decisamente superiore al 2%, in questo caso il bitume si trova in quantità compresa tra il 5% e il 20% e raramente raggiunge il 40%. L'Italia possiede giacimenti importanti di rocce asfaltiche;



in Sicilia



in Abruzzo



Rocce Asfaltiche

In Sicilia le rocce asfaltiche si trovano nel ragusano e sono formati da una roccia calcarea tenera di natura leggermente marnosa con bitume generalmente molto molle.

I giacimenti asfaltiferi abruzzesi sono costituiti da calcarei, con bitume quasi sempre duro.

Fra i due tipi principali italiani esiste una profonda differenza non soltanto circa la natura della roccia base, ma soprattutto per le **caratteristiche del bitume di impregnazione.**



Definizioni

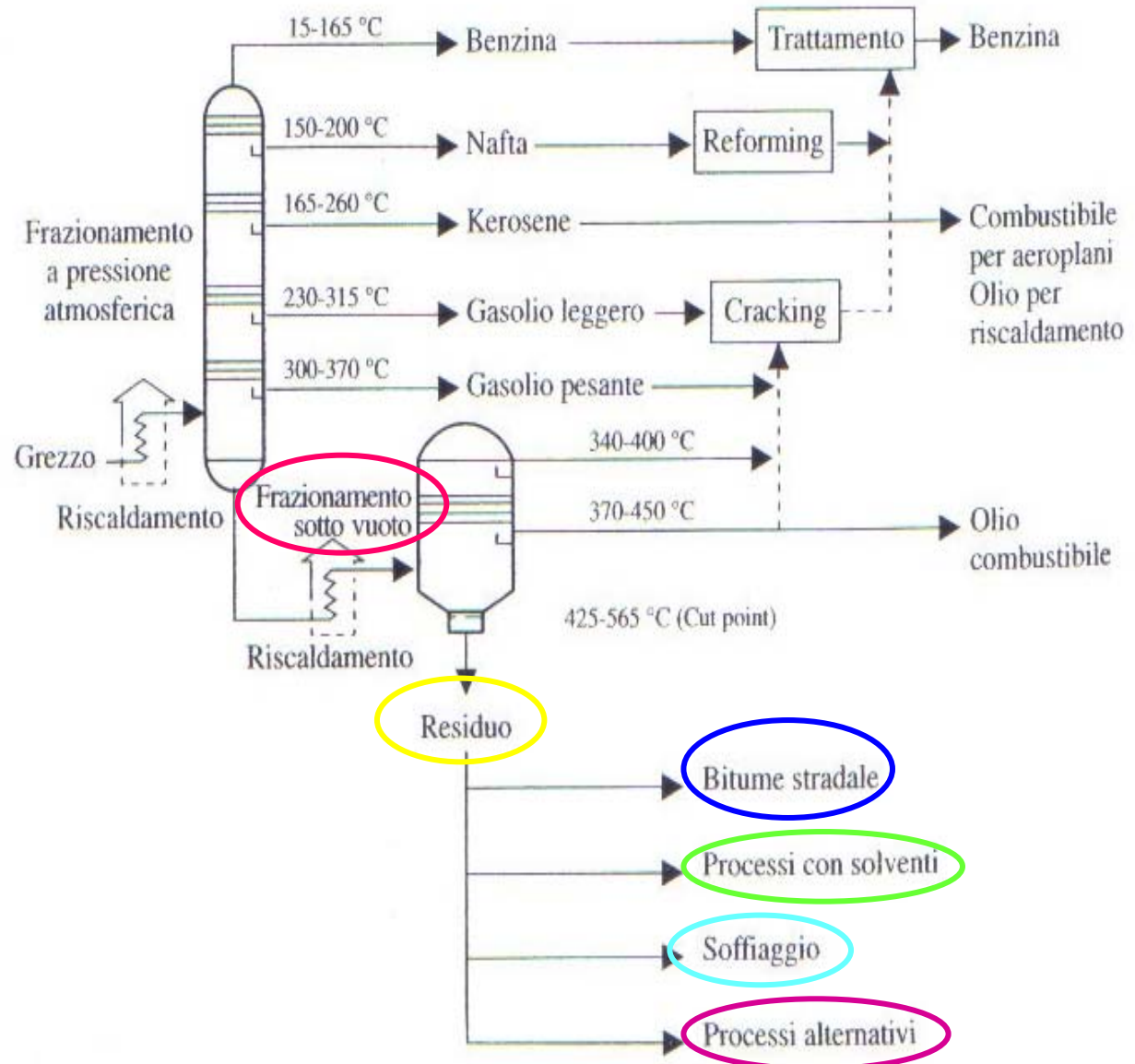
CATRAME: questo termine si riferisce ad un materiale con aspetto simile al bitume, ma del tutto diverso per origine e composizione. Si presenta alla temperatura ambiente come un liquido, più o meno viscoso, di colore variabile fra bruno e nero. E', infatti, ottenuto industrialmente dalla distillazione distruttiva del carbon fossile.





Il Bitume e le sue caratteristiche

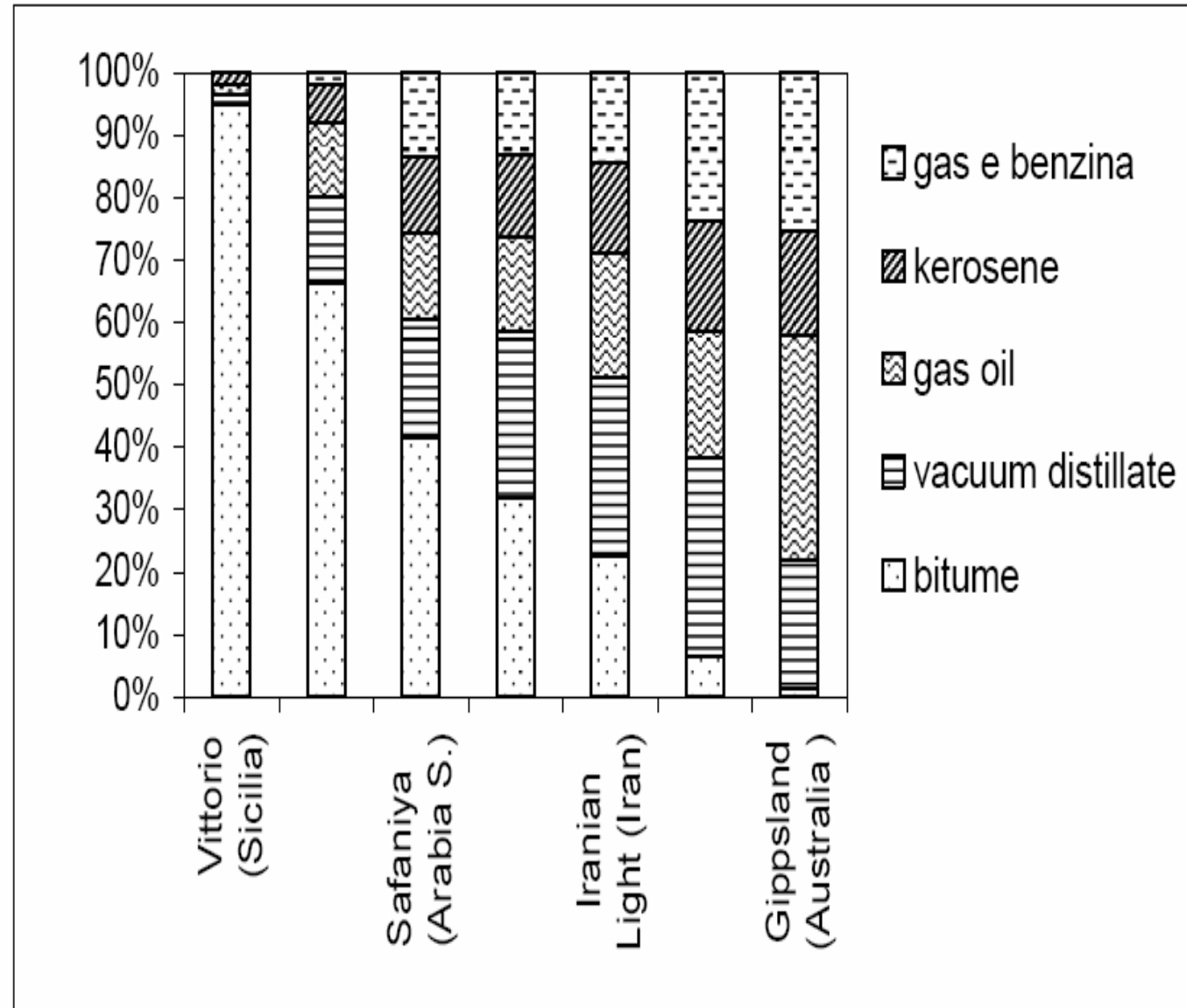
Esso è costituito dalle frazioni a temperatura elevata idrocarburi ad alto peso molecolare, il bitume solubili in CS₂. È ottenuto come sottoprodotto di raffinazione della torrefazione del greggio di petrolio. La distillazione a pressione atmosferica.





Il Bitume e le sue caratteristiche

Distribuzione relativa di varie frazioni ottenibili da diversi greggi.

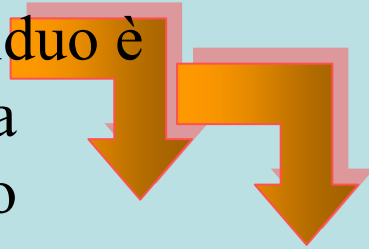




Il Bitume e le sue caratteristiche

Sebbene il residuo del sottovuoto possa essere usato direttamente come bitume, con alcuni tipi di petrolio è necessario fare ulteriori processi. Ci sono principalmente due motivi:

- per ragioni di processo il residuo è troppo poco viscoso o con una temperatura di rammollimento troppo bassa.



Non è possibile ottenere durante la distillazione temperature equivalenti superiori ai 570 °C → non è realizzabile la separazione del bitume adatto ad un utilizzo pratico

Non è utilizzabile come bitume ma come **bitume ossidato**

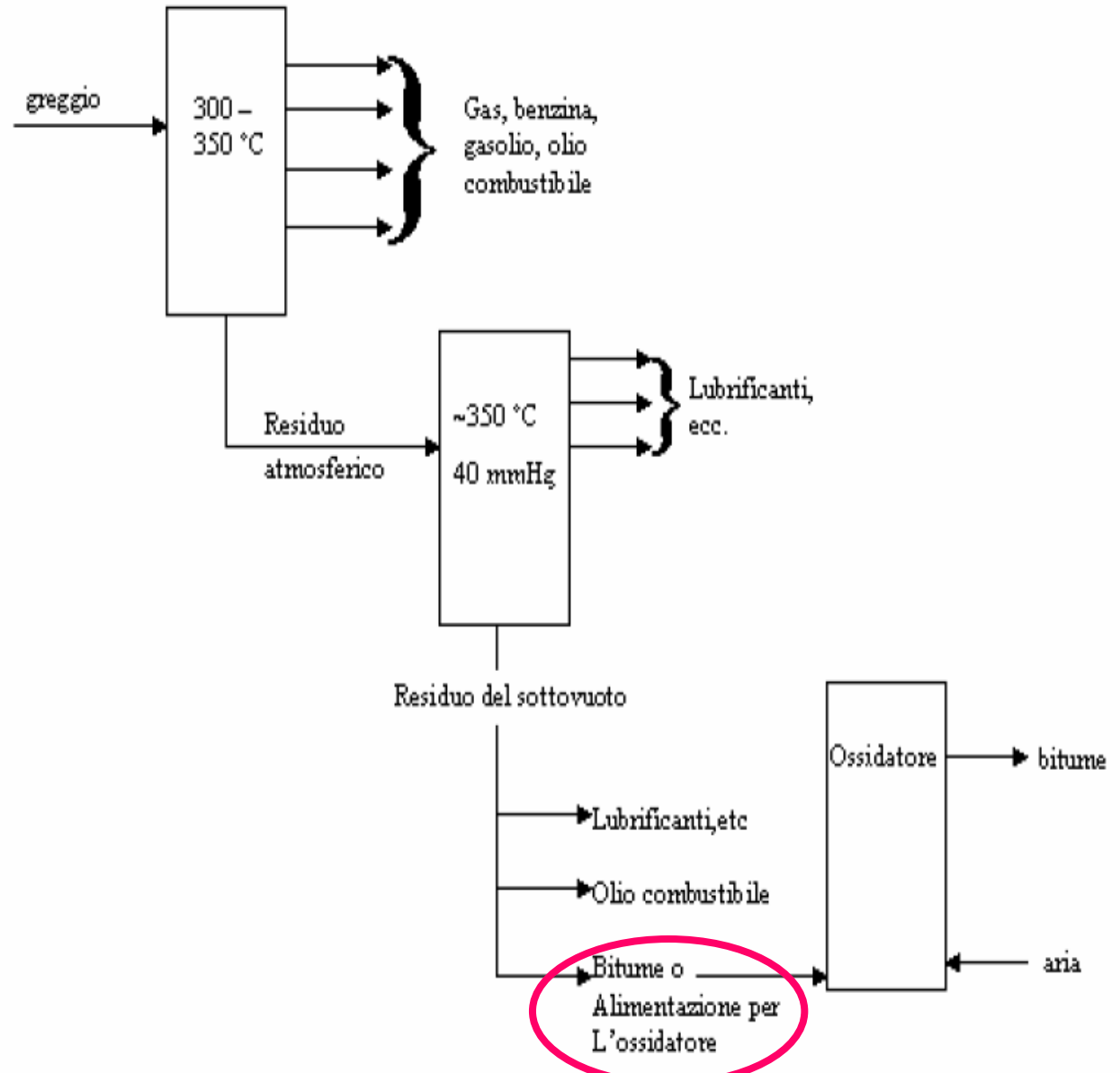


Bitume ossidato

Si insuffla aria nel residuo del sottovuoto in modo:

- continuo;
- discontinuo.

In colonne alte tipicamente 12 m e con diametro di circa 3,7 m.





Bitume ossidato

Processo continuo:

il residuo del sottovuoto viene riscaldato in scambiatori ad una temperatura tra i 160°C ed i 180°C e successivamente entra nella colonna “insufflante”. L’aria è introdotta dal basso della colonna attraverso degli ugelli, le reazioni chimiche che si sviluppano generano calore e portano la temperatura interna tra i 200°C e i 260°C . I prodotti vengono estratti dalla base della colonna.



reazioni fortemente esotermiche





Bitume ossidato

La normale temperatura di stoccaggio del bitume è fra 130°C e 180°C ed è abbastanza stabile. Il bitume può essere immagazzinato per un lungo periodo senza significativi cambiamenti nella composizione. Questo è dovuto al fatto che l'ossigeno non può entrare all'interno del serbatoio di stoccaggio.





Caratteri fisico-chimici dei bitumi

Le caratteristiche dei bitumi provenienti dalla raffinazione del petrolio dipendono

- tipo di grezzo di partenza
- dal processo di produzione utilizzato,
- la composizione dei grezzi risulta variabile, non solo tra le diverse zone di produzione, ma perfino nell'ambito della stessa zona.

La commercializzazione è basata sulle caratteri fisici e non chimici → non esistono bitumi chimicamente identici



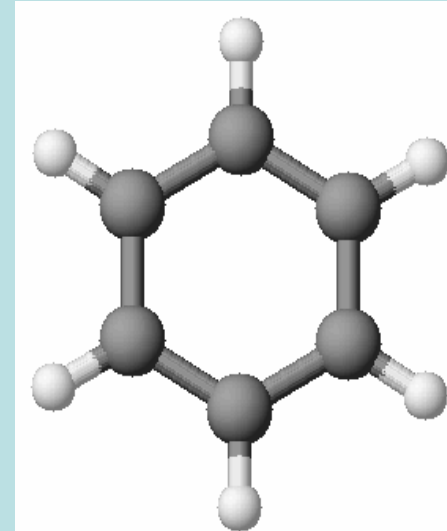
| Elemento | % in peso |
|----------|-----------|
| Carbonio | 81-87 |
| Idrogeno | 10-14 |
| Zolfo | 0.06-8 |
| Ossigeno | 0-2 |
| Azoto | 0.02-1.7 |

Il grezzo, è composto da:

- composti aromatici e poliaromatici: anelli con caratteristiche che li rendono particolarmente stabili
- cicloalcani (C5-C7) composti organici costituiti solamente da carbonio e idrogeno aventi formula bruta C_nH_{2n} . ;
- nafteni;
- idrocarburi alifatici(non aromatici);

I primi tre composti sono quelli più pesanti e più stabili

→ petroli con più elevate percentuali di questi composti sono i più adatti alla produzione di bitume



Il bitume è costituito da due principali classi di composti:

- gli asfalteni;
- i malteni (petroleni).

Gli asfalteni, presenti nel bitume da un 5% a un 25% in peso, sono miscele complesse di idrocarburi, costituiti principalmente da

- composti aromatici condensati, in cui si riscontra anche la presenza di ossigeno, azoto, zolfo e metalli (V, Ni ecc.),
- composti eteroaromatici contenenti zolfo e azoto.

I pesi molecolari risultano in genere molto superiori a 2000 (fino a valori dell'ordine delle centinaia di migliaia). Sono solidi a temperatura ambiente con aspetto granulare e color bruno-nero.

- Difficoltà a determinare il peso molecolare → i risultati variano a seconda del metodo utilizzato.

la diluizione del composto in appositi solventi, alterano la morfologia, causando la dissoluzione delle molecole più pesanti o l'aggregazione in nuove strutture.

I **malteni** possono a loro volta essere suddivisi in due sottogruppi:

- Resine;
- Oli.

Le resine sono i composti più polari (le molecole tendono ad attrarsi), strutturalmente molto simili agli asfalteni; sono una frazione molto viscosa a temperatura ambiente, di colore bruno scuro e notevoli proprietà adesive; Rispetto agli asfalteni hanno un peso molecolare minore

→ asfalteni provengono dall'ossidazione delle resine.

Gli oli sono costituiti essenzialmente da anelli naftenici e aromatici collegati da lunghe catene alifatiche, si distinguono infatti in:

- *oli aromatici*: frazione liquida viscosa di colore bruno, contenente numerosi composti con anelli naftenici e aromatici; il loro peso molecolare è compreso tra 500 e 1000;
- *oli saturi*: frazione liquida viscosa di colore bianco-giallastro, costituita essenzialmente da idrocarburi saturi (carbonio e idrogeno) a lunga catena (alcuni dei quali con ramificazioni), e da cicloparaffine (nafteni), con peso molecolare compreso tra 500 e 1000.

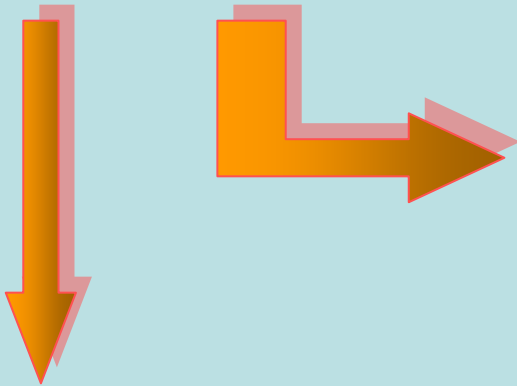
| | | |
|---------------|----|---------|
| Asfalteni | %p | 8 – 20 |
| Resine | %p | 10 – 25 |
| Oli Aromatici | %p | 40 – 70 |
| Oli Saturi | %p | 5 – 20 |



Frazionamento del Bitume e Morfologia

I rapporti quantitativi tra i vari componenti vengono corrispondentemente determinati mediante:

metodi di frazionamento



consentono di dividere il bitume in pochi gruppi di molecole aventi proprietà simili

- solventi selettivi;
- tecniche cromatografiche di adsorbimento e desorbimento;
- procedure di precipitazione chimica.



Tecniche cromatografiche di adsorbimento e desorbimento

Hanno *notevole diffusione* soprattutto nel settore della ricerca.

- Precipitazione in un solvente paraffinico non polare dei componenti maggiormente polari e meno solubili, detti asfalteni.
- La soluzione ottenuta viene successivamente introdotta in una colonna cromatografica nella quale i componenti vengono prima adsorbiti dal supporto in allumina e poi desorbiti usando solventi di crescente polarità che consentono di isolare frazioni di polarità via via crescente: i saturi, gli aromatici naftenici e gli aromatici saturi.



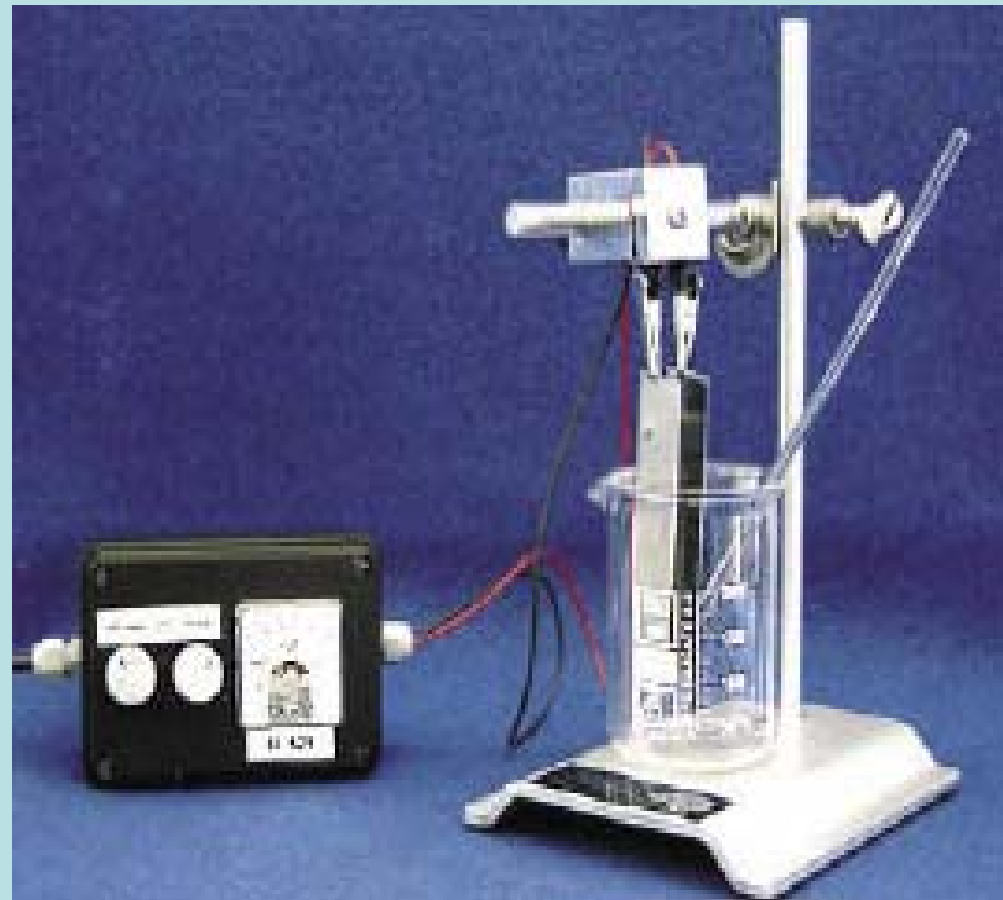


Solventi selettivi

Non frequentemente impiegati.

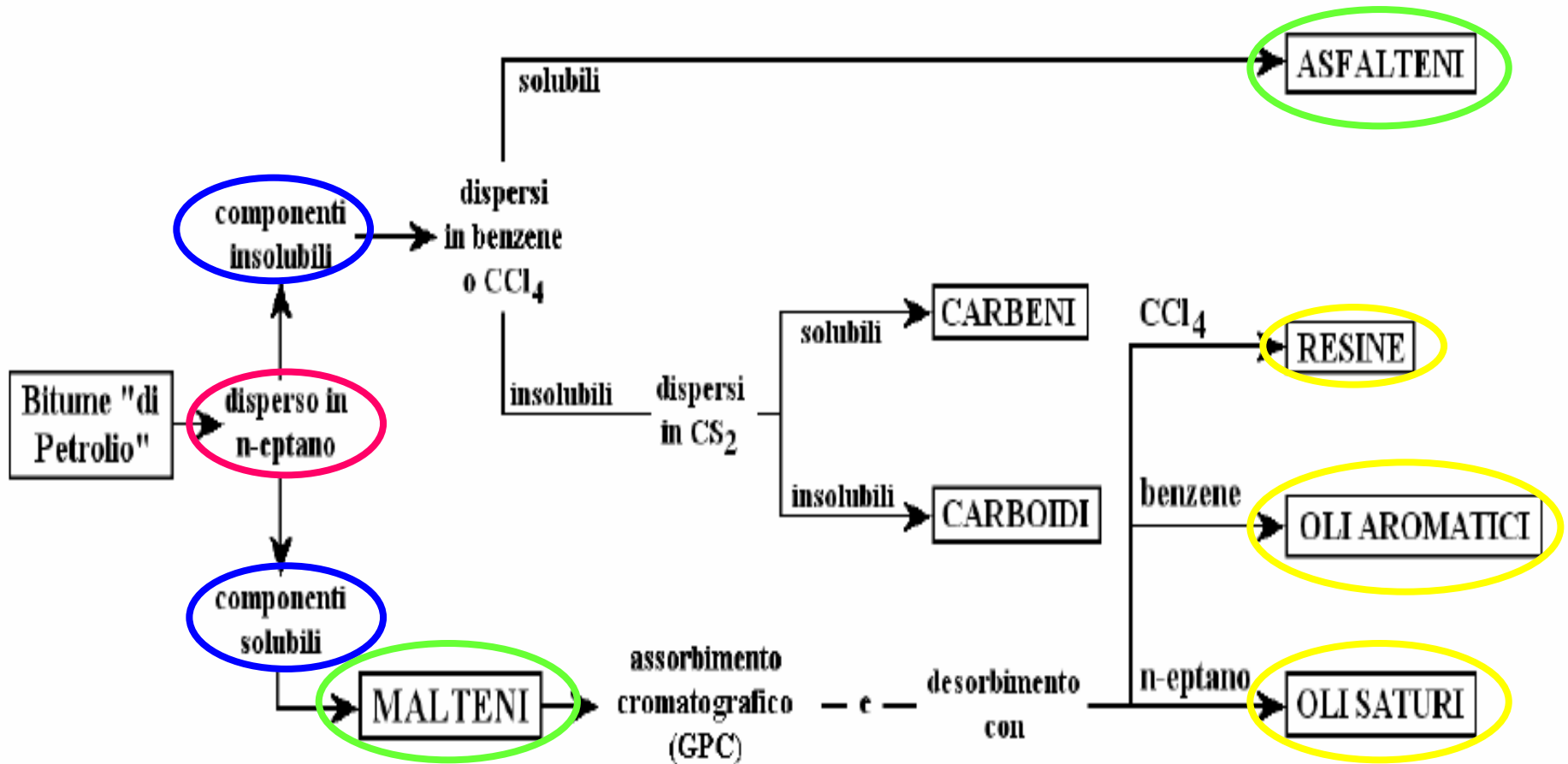
Essi prevedono il trattamento sequenziale del bitume con solventi di polarità crescente che precipitano frazioni di polarità decrescente.

Essi isolano delle frazioni che in genere non sono sufficientemente diverse tra loro.





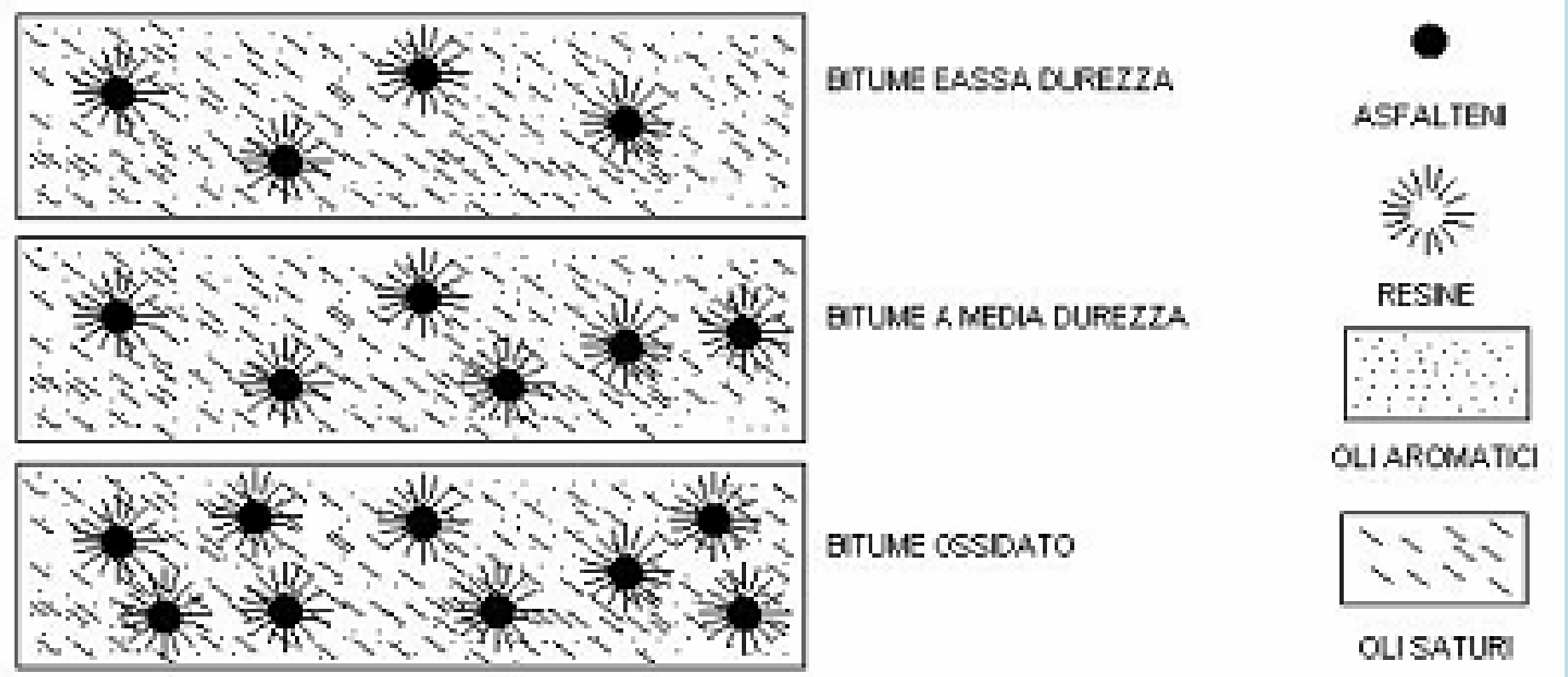
Solventi selettivi





Frazionamento del Bitume e Morfologia

Il bitume è un *sistema colloidale* in cui le micelle sono disperse nei componenti oleosi, costituiti dalla frazione più leggera dei malteni.

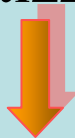


MICELLE: aggruppamenti molecolari aventi il nucleo centrale costituito da idrocarburi ad alta percentuale di carbonio e la parte periferica costituita da resine che esercitano la funzione di colloidali protettori, essendo dotate di affinità col disperdente oleoso.



Frazionamento del Bitume e Morfologia

Quando sia il disperdente che il disperso sono in proporzioni adatte, gli asfalteni sono completamente peptizzati



si muovono liberamente



si comporta come un fluido quasi esattamente viscoso

Se invece, vi sia insufficienza di disperdente si determina tra le micelle una mutua attrazione



si forma un reticolo



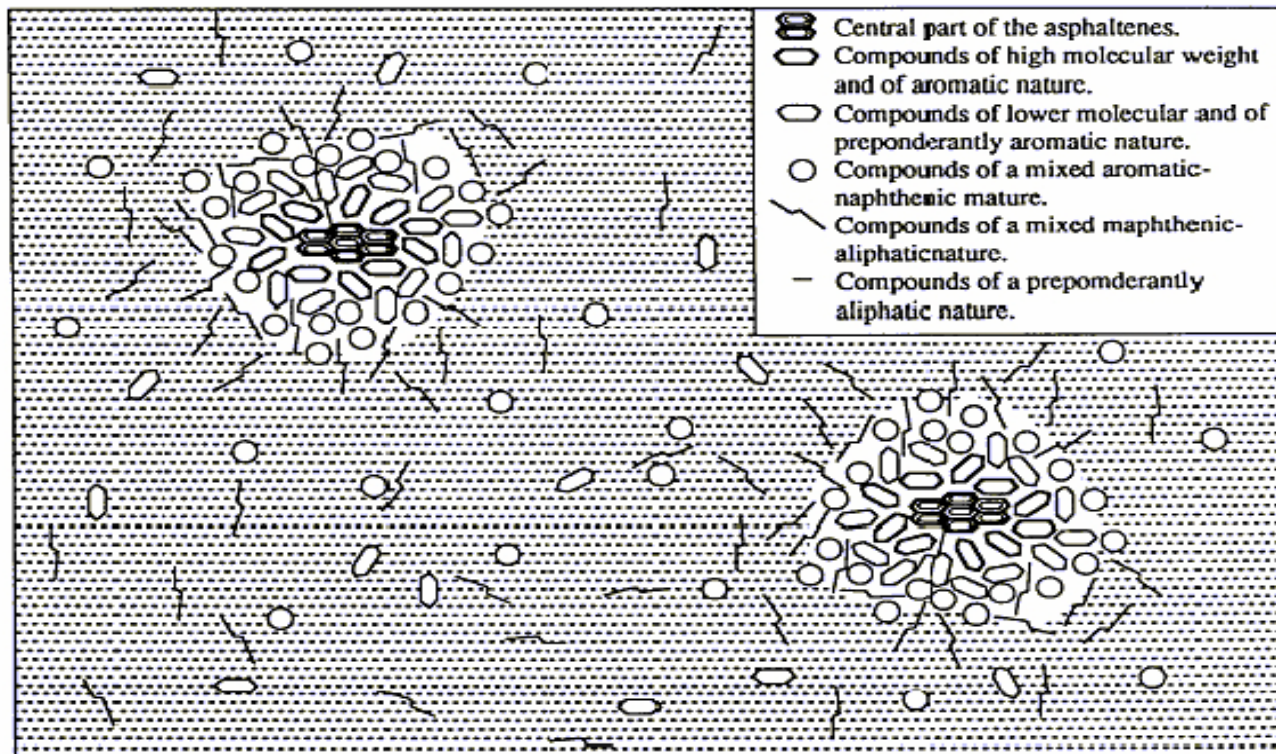
struttura colloidale con comportamento elastico



Frazionamento del Bitume e Morfologia

Lo stato colloidale dei bitumi dipende:

- natura dei costituenti;
- dai trattamenti del bitume;
- dalle escursioni termiche.

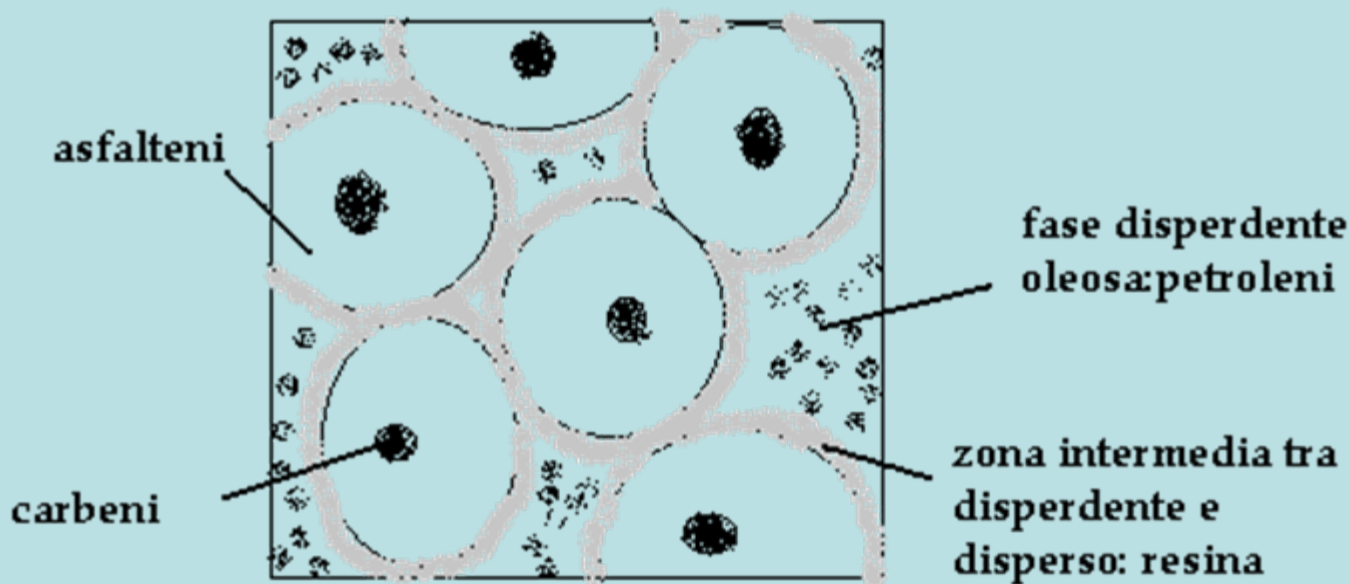




Frazionamento del Bitume e Morfologia

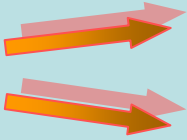
Dal punto di vista del comportamento macroscopico ognuno dei composti ricopre un ruolo diverso:

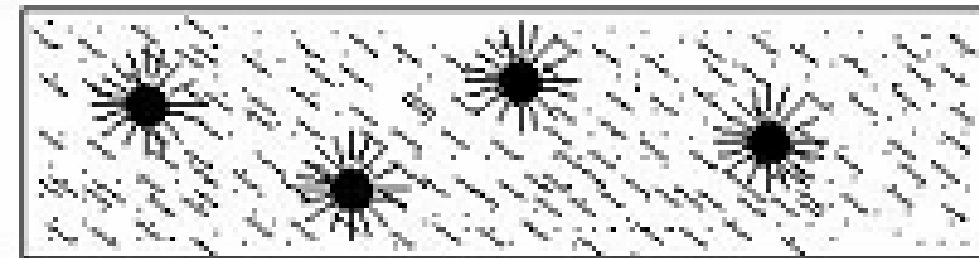
- gli **asfalteni** sono i responsabili delle proprietà di consistenza, resistenza alle sollecitazioni meccaniche e adesività del bitume;
- le **resine** conferiscono elasticità e duttilità;
- gli **oli** danno fluidità.



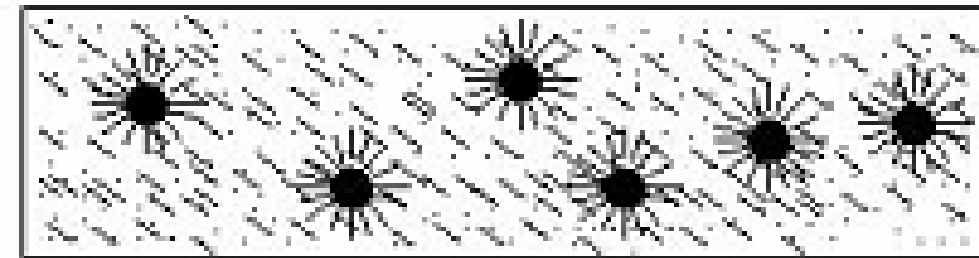


Frazionamento del Bitume e Morfologia

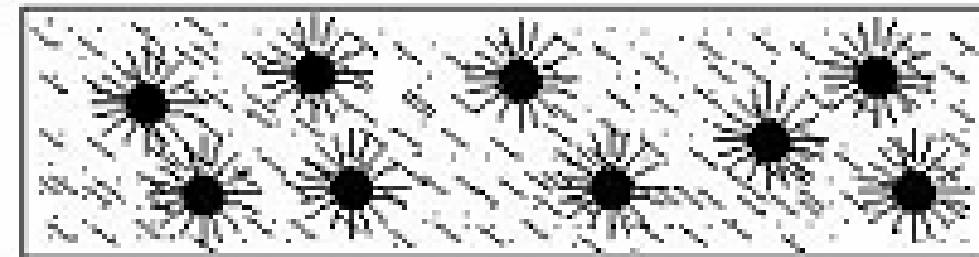
bitume duro  più alto contenuto in asfalteni
reazione della frazione resinosa ed aromatica con l'ossigeno



BITUME A BASSA DUREZZA



BITUME A MEDIA DUREZZA



BITUME OSSIDATO



ASFALTENI



RESINE



OLI AROMATICI



OLI SATURI



Frazionamento del Bitume e Morfologia

A seconda del grado di dispersione delle *micelle* nella fase continua e delle quantità relative di asfalteni e di malteni, il comportamento del bitume può variare tra quello di un sistema:

- “*sol*” prettamente newtoniano;
- “*gel*” non newtoniano a carattere pseudoplastico.





Frazionamento del Bitume e Morfologia

Instabilità colloidale $\Rightarrow I_c = \left(\frac{A s f a l t e n i + S a t u r i}{A r o m a t i c i + R e s i n e} \right)$

Al crescere di tale rapporto viene così seguita la transizione da un sistema disperso di tipo sol a uno di tipo gel.

Rapporto di compatibilità $\Rightarrow R_c = \left(\frac{B a s i a z o t a t e}{P a r a f f i n e} \right)$

Vengono messi in relazione i componenti più reattivi e i meno reattivi;



Frazionamento del Bitume e Morfologia

I parametri fondamentali che devono essere verificati in un bitume sono:

- rapporto aromatici/saturi;
- rapporto resine/asfalteni.

Il decrescere di questi due rapporti provoca formazione di aggregati di dimensioni notevoli, che oltre a dare un bitume di cattiva qualità possono precipitare durante la raffinazione, causando ingenti danni all'impianto.





Ciclo produttivo del Bitume

La classificazione degli impianti di produzione dei conglomerati bituminosi può essere operata in base ai seguenti fattori:

- tipologia delle macchine utilizzate per il mescolamento a caldo del bitume con gli inerti;
- tipologia dell'impianto.





Ciclo produttivo del Bitume

tipologia delle macchine utilizzate per il mescolamento a caldo del bitume con gli inerti

mescolamento discontinuo

gli inerti, dopo essere stati essiccati, vagliati e pesati, vengono mescolati tra loro e col bitume fino ad ottenere un impasto omogeneo.

mescolamento continuo

gli aggregati, dopo i preliminari trattamenti, vengono prelevati direttamente dai silos mediante saracinesche e nastri trasportatori ed immessi, insieme al bitume, in un mescolatore ad azione continua.



Ciclo produttivo del Bitume

tipologia dell'impianto

mobile

fisso

Sono caratterizzati dal fatto di poter avere le varie parti equipaggiate con ruote pneumatiche e freni che ne consentono il trasporto oppure essere dotati semplicemente di ruote metalliche idonee solo a piccoli spostamenti

Non è dotata di parti mobile che consentono il movimento

Potenzialità produttiva dell'impianto: la potenzialità di produzione di un impianto può variare da poche ad oltre 200 tonnellate/ora



Materie prime per la produzione del Bitume

Gli *inerti* sono:
materiali lapidei;
sabbia;
ghiaia calcarea;
ghiaia basaltica;
ghiaia da sfresature.

Sono caratterizzati da bassa granulometria





Ciclo produttivo del Bitume

Le unità produttive solitamente occupano superfici molto ampie per le necessità di effettuare lo stoccaggio degli inerti e di disporre di estesi spazi interni per la movimentazione e il carico delle materie prime, per lo scarico dei prodotti finiti, nonché per l'allocazione degli impianti di produzione e dei silos di stoccaggio e con altezze non inferiori a 10 metri.

L'asfalto è prodotto sempre su richiesta, ma poiché l'impianto non può mai essere fermato, salvo rare eccezioni, a causa dei lunghi tempi necessari per il suo riavvio, in assenza di richieste è mantenuto sempre al minimo livello di funzionamento.

Il processo di produzione di asfalti ed emulsioni bituminose comprende diverse fasi di lavoro, di seguito riassunte e schematizzate:

- approvvigionamento e pre-trattamento degli inerti;
- stoccaggio del bitume ;
- mescolamento degli inerti con il bitume.



Fig. 9 Area di stoccaggio inerti



Approvvigionamento e pre-trattamento degli inerti

Le materie prime del ciclo di produzione vengono trasportate a mezzo di pale meccaniche e caricate in apposite *tramogge*, che alimentano, con nastri trasportatori, un essiccatore.

Tale forno riscalda il materiale fino ad eliminare l'acqua in eccesso. Dopo il preliminare trattamento di riscaldamento ed essiccamento nel quale raggiungono temperature di 140-160°C, i materiali passano, mediante un elevatore a caldo, nella parte più alta della torre di mescolamento. Qui gli aggregati caldi sono sottoposti ad un ulteriore vaglio di controllo e separazione delle pezzature ottenute.

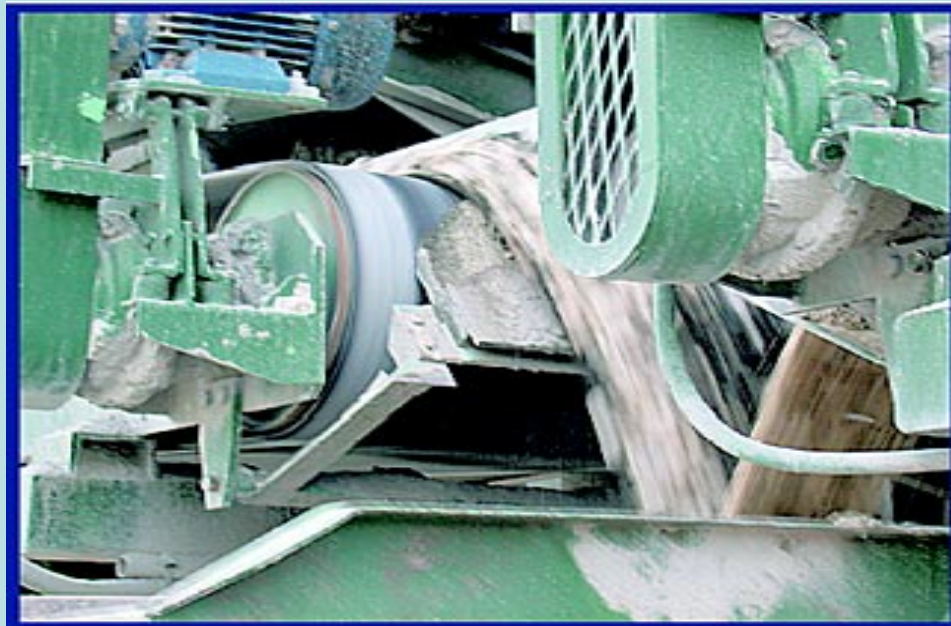


Fig. 10 Dosatura inerti



Approvvigionamento e pre-trattamento degli inerti

Nei casi in cui si richiede un prodotto finale con un aspetto molto liscio possono essere aggiunti anche dei *filler* : inerti con una granulometria inferiore ai 0,075 mm, di recupero o minerali.

In alternativa all'uso del filler, che comporta l'aggiunta agli inerti di una maggiore quantità di bitume, nelle piccole aziende si preferisce variare semplicemente la granulometria degli aggregati.





Stoccaggio del Bitume

Il bitume, trasportato in stato semisolido da autocisterne, è stoccato in serbatoi metallici. I serbatoi sono coibentati con lane di roccia ad alta densità e rivestite con un mantello di alluminio.



Il bitume viene riscaldato a 130-150°C dalla caldaia oleotermica alimentata con olio combustibile e successivamente mantenuto a temperatura costante. Tramite una pompa viene poi inviato e dosato nel mescolatore.

Fig. 11 Serbatoi stoccaggio bitume



Mescolamento degli inerti con il bitume

Il bitume e gli inerti pretrattati sono miscelati in appositi mescolatori costituiti generalmente da vasche con il fondo apribile per lo scarico del materiale impastato.

La miscelazione si ottiene per l'azione di alberi paralleli rotanti a 30-80 giri/min.

Le pareti interne del mescolatore, come pure i componenti rotanti, sono di acciaio al manganese dovendo resistere alla violenta azione dell'usura causata dal mescolamento.

I mescolatori consentono di ottenere, quale prodotto finito, un impasto omogeneo: l'*asfalto*.

Quest'ultimo fuoriesce dalla zona di mescolamento mediante un apposito convogliatore, può essere trasportato alle tramogge di carico e quindi direttamente agli automezzi, oppure inviato ad un silos per lo stoccaggio provvisorio.





Ciclo produttivo del Bitume

Il ciclo produttivo descritto è sinteticamente schematizzato nel diagramma di flusso.

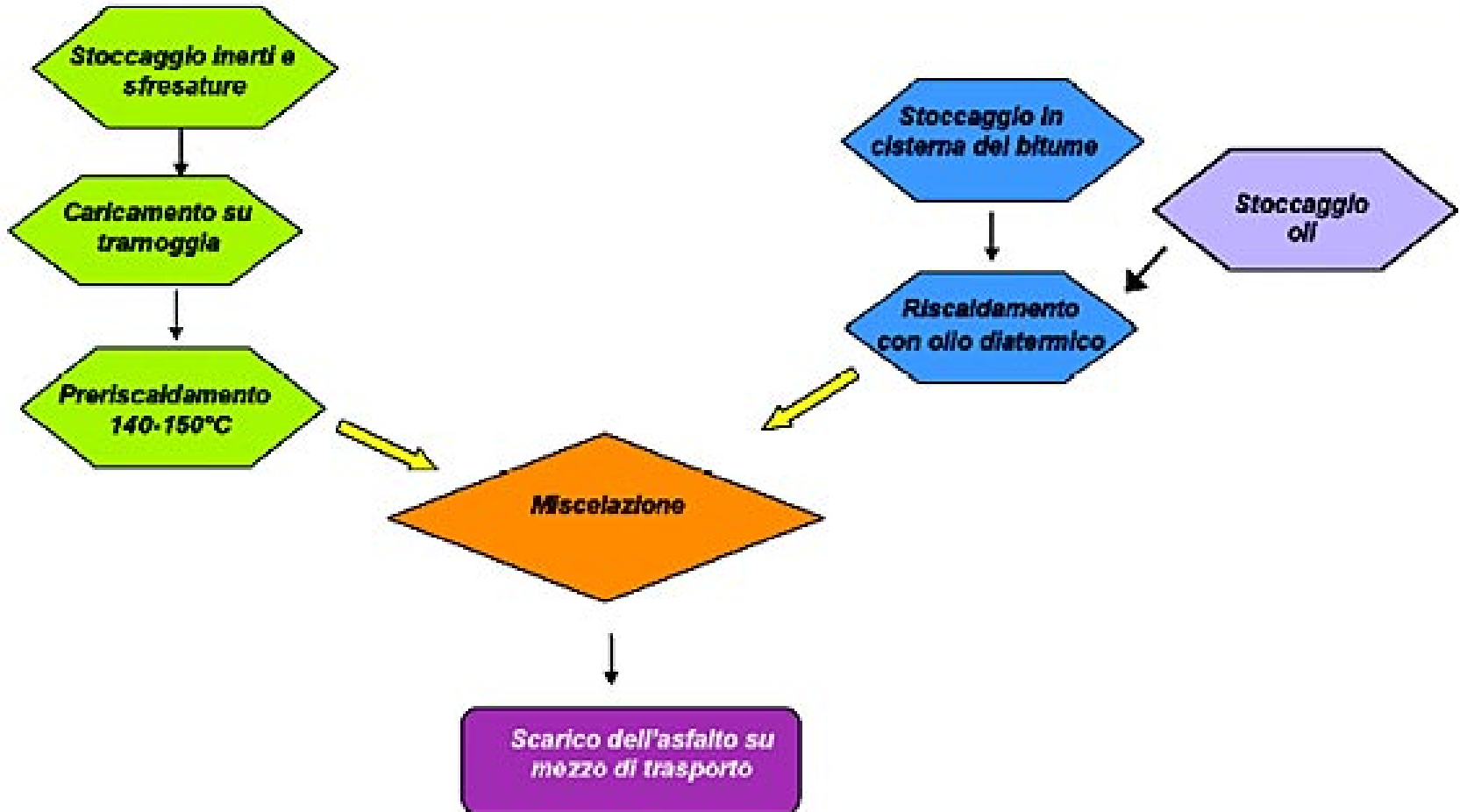


Fig. 14 Conglomerati bituminosi: diagramma di flusso del ciclo produttivo



Ciclo produttivo del Bitume

Da alcuni anni sono in funzione nuove tipologie di impianto, Drum Mixer, a mescolamento continuo, in cui mescolatore ed essiccatore compongono un'unica unità operativa.

La loro diffusione, direttamente nei cantieri stradali, trova motivazione nell'abbattimento dei costi per la maggiore semplicità dell'impianto e nella diminuzione della spesa energetica di esercizio.



Fig. 13 Tramogge di carico del conglomerato

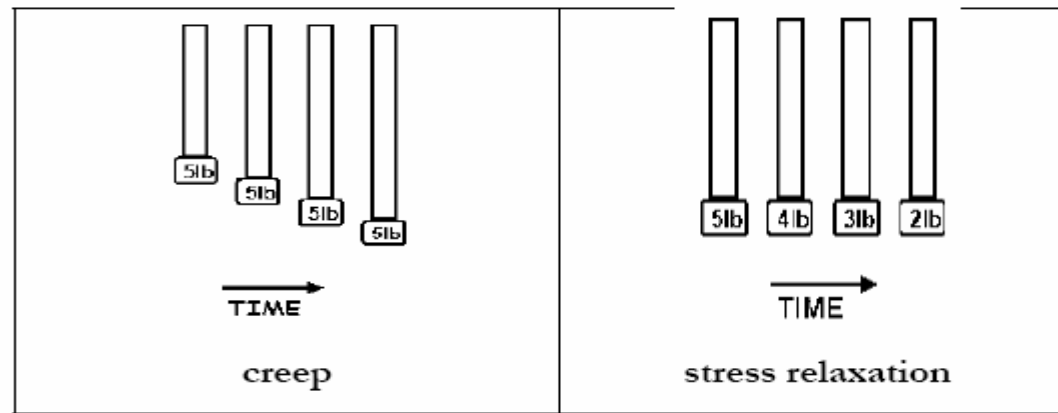


Reologia del bitume

La **reologia** è lo studio del comportamento meccanico dei materiali viscoelastici

Indipendentemente dal settore in cui vengono utilizzati, le prestazioni in opera dei bitumi dipendono dalle loro proprietà meccaniche. Per questo è importante caratterizzare tali proprietà in condizioni tensionali e di temperatura rappresentativi delle situazioni di impiego e di servizio.

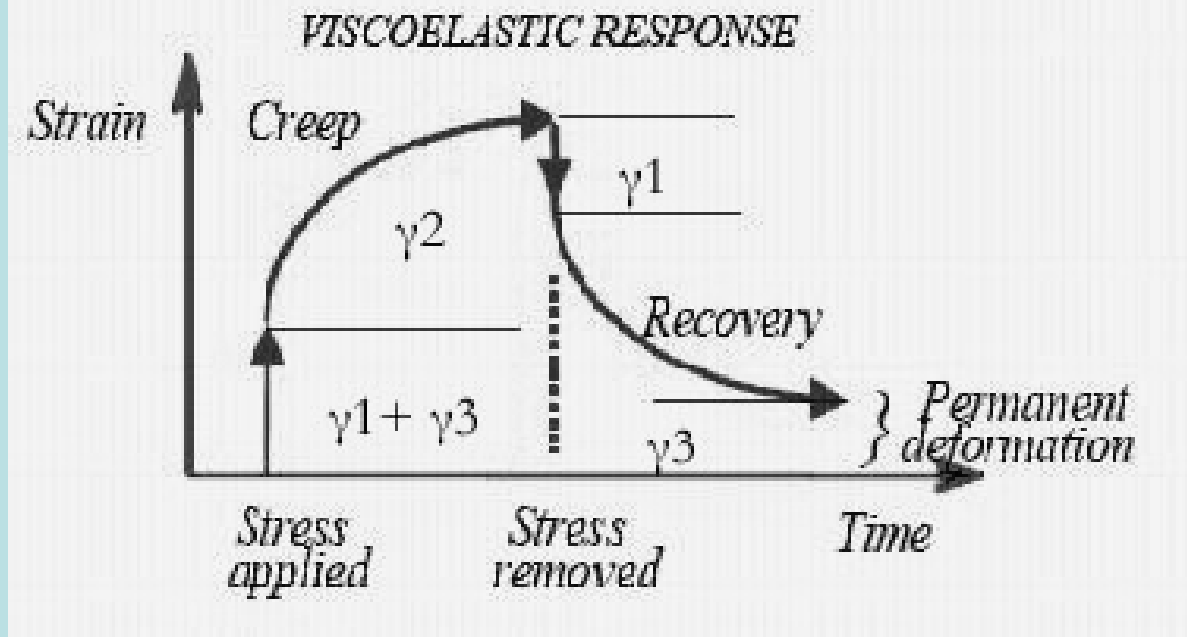
Poiché il bitume presenta un comportamento di tipo viscoelastico associato a una marcata dipendenza dalla temperatura, nella sua caratterizzazione sono particolarmente indicate prove reologiche nelle quali siano assicurati l'accurato controllo della temperatura e la perfetta conoscenza del comportamento tenso-deformativo.



Le prove di creep consentono una visualizzazione delle varie componenti di risposta meccanica del bitume seguite o meno da una fase di recupero della deformazione

Esse sono tra le più comuni prove reologiche sui bitumi.

la deformazione di taglio γ prodotta a una data temperatura dall'applicazione di una sollecitazione tangenziale costante τ_0 può essere rappresentata in funzione del tempo



Per un materiale viscoelastico lo strain totale è la somma di tre parti: γ_1 e γ_2 che rappresentano la deformazione elastica istantanea e ritardata mentre γ_3 è una deformazione permanente non recuperabile dovuta allo scorrimento viscoso.

Per tempi di carico molto brevi o a temperature molto basse la risposta elastica è predominante; per tempi di carico lunghi o a temperature elevate è preponderante la risposta viscosa, mentre la risposta elastica ritardata è importante soprattutto per tempi di carico e livelli di temperatura intermed

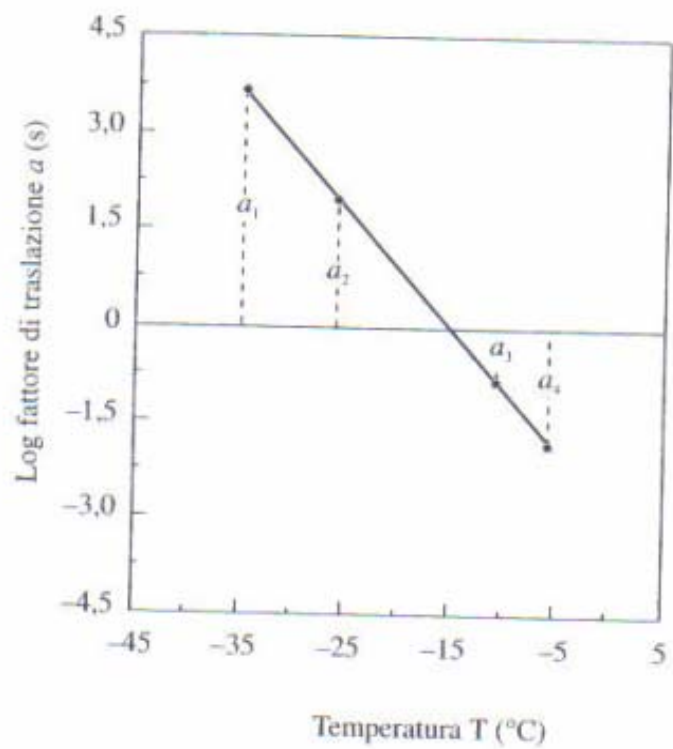
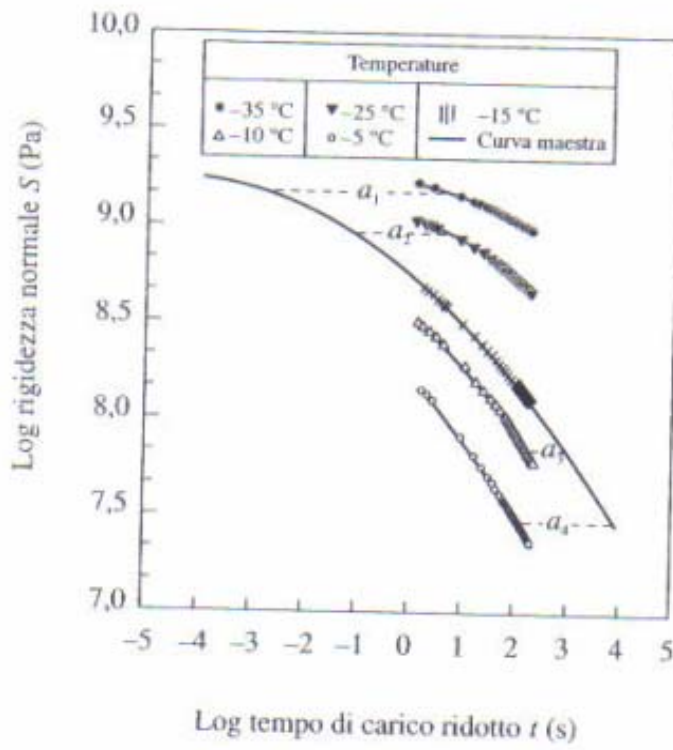


FIGURA 16.19 Applicazione del principio di sovrapposizione tempo-temperatura a dati desunti da prove di creep (H. Bahia, D.A. Anderson e D.W. Christensen, 1992).



Poiché queste costruzioni grafiche sono possibili per tutte le funzioni viscoelastiche utilizzando i medesimi fattori di traslazione, si usa dire che è valido per esso il principio di sovrapposizione tempo-temperatura e che il materiale è reologicamente semplice.

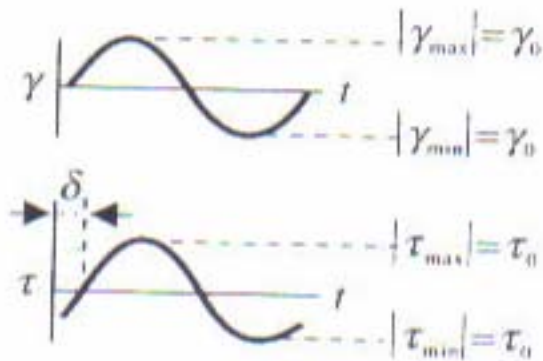
Nella caratterizzazione del suo comportamento tenso-deformativo viene così separata la dipendenza dal tempo di carico (curva maestra) e dalla temperatura (fattori di traslazione) che possono essere separatamente caratterizzate



Prove a regime oscillatorio

Un campione di bitume viene sottoposto a una deformazione (o sollecitazione) tangenziale o normale avente andamento sinusoidale nel tempo, mentre viene misurata la sollecitazione (o la deformazione) risultante che risulta anch'essa sinusoidale. In questo tipo di prova viene calcolato il modulo complesso G^* (o E^*) e l'angolo di fase δ , al variare della temperatura ed in funzione della frequenza d'oscillazione.

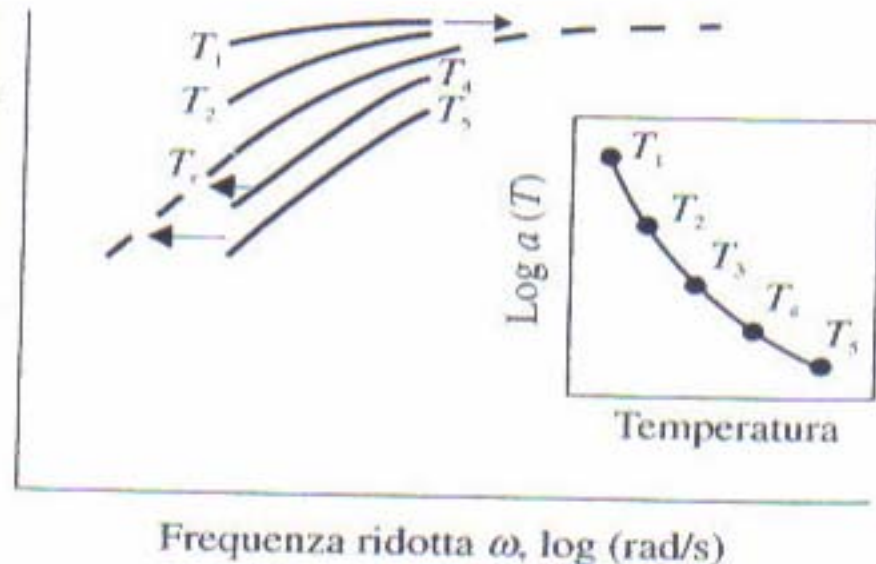
Il modulo complesso G^* la cui ampiezza è data dal rapporto tra la massima sollecitazione τ_0 e la massima deformazione γ_0 , esprime la rigidità globale del materiale, mentre l'angolo di fase δ esprime il suo grado di inelasticità ($\delta = 0^\circ$ per materiali elastici, $\delta = 90^\circ$ per materiali viscosi). A partire da tali grandezze possono inoltre essere calcolati molti altri parametri significativi quali il modulo elastico G' , e il modulo viscoso G'' che è dato dal rapporto delle componenti fuori fase di 90° .



$$G^* = \frac{\tau_0}{\gamma_0}$$

Modulo complesso

Modulo complesso G^* , log (Pa)



Alle alte frequenze o per ridotti tempi di carico il bitume assume un comportamento pressoché elastico e tende a un valore limite del modulo che è dell'ordine di 1 GPa per sollecitazioni di taglio e di 3 GPa per tensioni normali.

Alle basse frequenze o per tempi di carico elevati la pendenza delle due curve maestre nei piani logaritmici tende verso l'unità, rivelando un comportamento completamente viscoso che viene raggiunto per tempi o frequenze diversi a seconda della temperatura.



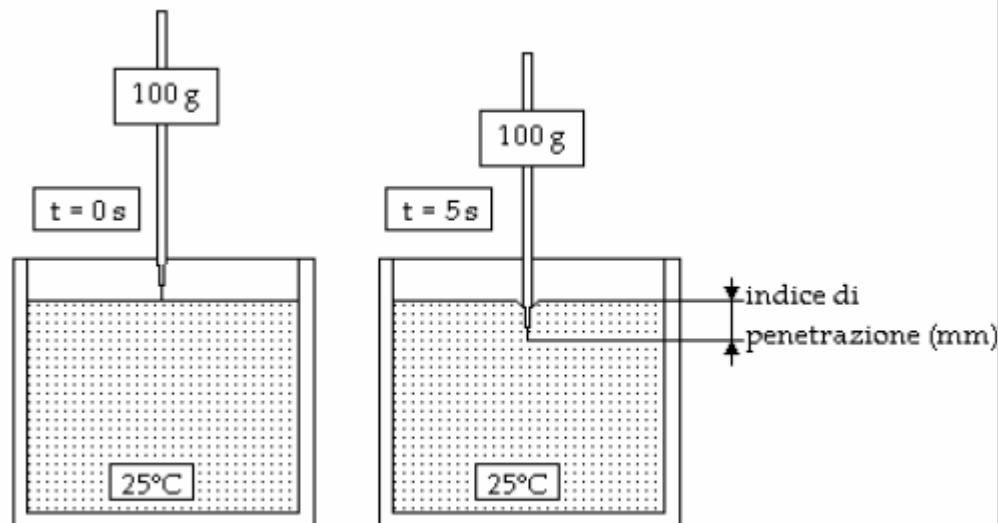
Esistono altre prove reologiche promosse su scala mondiale dal progetto di ricerca statunitense SHRP (Strategie Highway Research Program), nell'ambito del quale è stato messo a punto un sistema di classificazione dei leganti bituminosi totalmente reologico.

Tali metodi, sono standardizzati riportati nella normativa CNR

- penetrazione;
- densità;
- temperatura di rammollimento;
- saggio di infiammabilità;
- punto di rottura Fraass;
- duttilità.



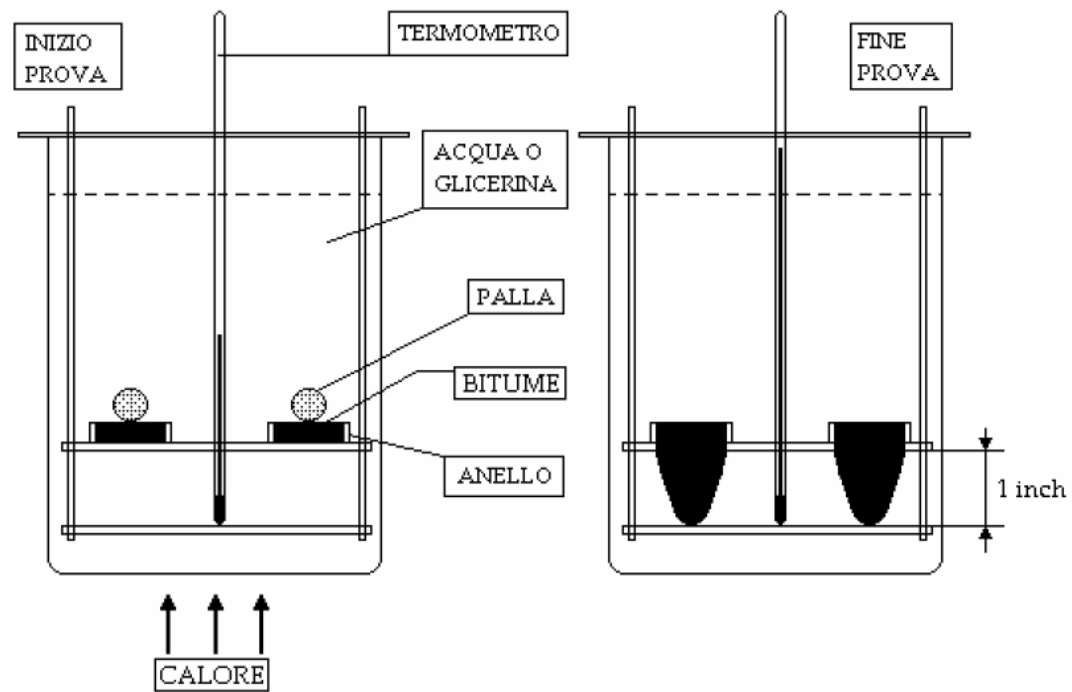
La **penetrazione** è la profondità alla quale un ago di dimensioni standard affonda in un bitume sotto determinate condizioni di carico, tempo e temperatura che le norme indicano rispettivamente in: 100g, 5 secondi e 25°C. E' una prova che serve a determinare la consistenza e la durezza di un bitume (i bitumi più duri possiedono penetrazioni più basse). Chiaramente, più è alto l'indice di penetrazione più il bitume è "morbido".





Il metodo denominato "***Palla & Anello***" consente di specificare la temperatura di rammollimento di un bitume,

Per la prova viene utilizzato un dischetto di bitume del diametro di circa 19 mm e dello spessore di 6 mm sotto l'azione di una biglia di acciaio del peso di 3,5 g su di esso appoggiata. Questo si deforma andando a toccare una piastrina metallica posta a 25,4 mm di distanza da esso. Tale operazione viene eseguita imponendo al sistema un gradiente di temperatura di 5°C/min e consente di stimare la temperatura in corrispondenza della quale si ha il passaggio da uno stato viscoelastico a uno puramente viscoso. Quindi il punto di rammollimento è la temperatura alla quale un disco di bitume non riesce più a sostenere una pallina di metallo di dimensioni standard





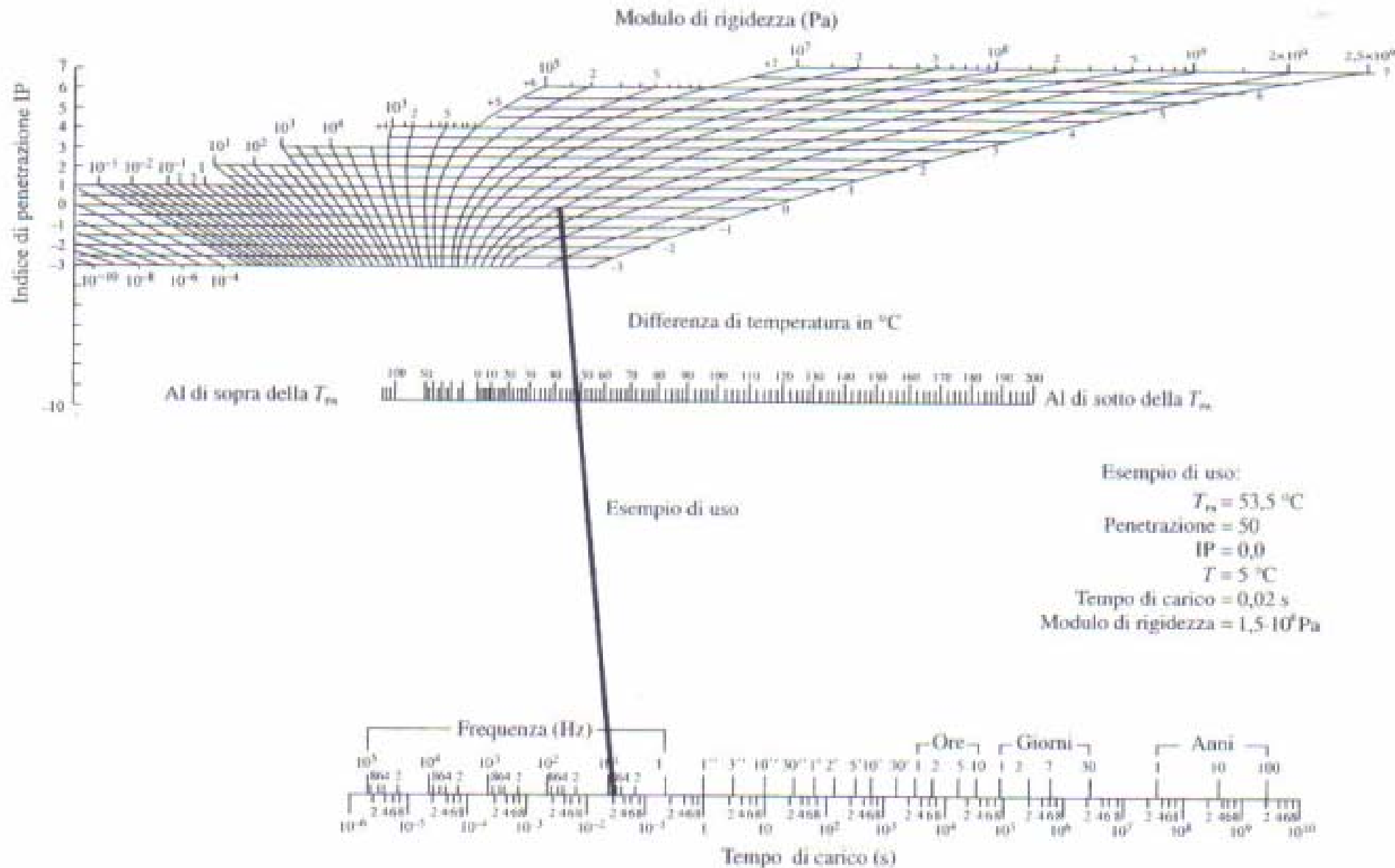
Il **punto di rottura Fraass** è una prova che serve a stabilire la fragilità a freddo di un bitume. Il test consiste nel flettere a intervalli regolari una lamina sulla quale è stato applicato uno strato di prodotto da analizzare ($\sim 0,4$ g), abbassando contemporaneamente la temperatura.

Il **saggio relativo all'infiammabilità** indica se un bitume è stato inquinato con prodotti leggeri, aggiunti per migliorarne la stabilità. Si determina riscaldando il bitume in condizioni standard ed osservando a quale temperatura si accendono i vapori.

La **prova di duttilità** viene effettuata su campioni di bitume che vengono sottoposti, in un bagno termostatico tenuto a 4°C , a un'elongazione di 5 cm/min fino a ottenere la loro rottura.



Il nomogramma di van der Poel costituisce uno strumento per determinare, sulla base dei risultati desunti dalle prove di penetrazione e palla-anello, le proprietà viscoelastiche di un bitume a qualsiasi temperatura e frequenza di sollecitazione. Nella costruzione grafica di figura viene tracciata una retta passante per i punti individuati sulle due scale orizzontali inferiori che rappresentano rispettivamente le frequenze di sollecitazione e la differenza tra la temperatura presa in considerazione e il punto di rammollimento. All'intersezione di tale retta con la linea orizzontale corrispondente al valore dell'indice di penetrazione del bitume considerato può essere quindi letto il valore assunto dal modulo di rigidità normale $S(t)$ o dal modulo complesso $E^*(\omega)$.





BITUMI MODIFICATI

L'utilizzo dei polimeri come modificanti delle proprietà del bitume è iniziato nei primi anni '70 e tuttora il mercato e la ricerca sono in continua evoluzione.

La modifica con percentuali variabili di polimeri permette di abbassare la suscettibilità termica, di migliorare la coesione dell'asfalto e di modificarne in vario modo le caratteristiche reologiche, a seconda della temperatura di utilizzo, della percentuale e del tipo di polimero utilizzato.



Polimeri utilizzati

- Elastomeri termoplastici (circa il 75% del mercato):
 - SBS (Stirene-Butadiene-Stirene),
 - SIS (Stirene-Isoprene-Stirene)
 - SB (Stirene-Butadiene).

- Plastomeri (circa 15% del mercato),
- Polimeri reattivi.

.



I plastomeri e gli elastomeri formano generalmente una struttura reticolata che ingloba la fase bituminosa: la rete costituita dal polimero si rigonfia ma mantiene le sue caratteristiche, che si riflettono sulle proprietà del bitume.

I polimeri reattivi, fra i quali possiamo citare i RET (Reactive Ethylene Terpolymers), presentano anelli epossidici che reagiscono con gruppi funzionali presenti nelle molecole asfalteniche, creando un vero e proprio legame chimico con la matrice bituminosa



VANTAGGI:

- miscele più tenere a basse temperature;
- miscele più dure ad alte temperature;
- viscosità minore alla temperatura di servizio;
- maggiore stabilità e coesione delle miscele;
- migliore resistenza all'abrasione delle miscele;
- migliore resistenza alla fatica delle miscele;
- migliore resistenza all'ossidazione e all'invecchiamento delle miscele;
- minore spessore strutturale dei manti stradali.

SVANTAGGI:

- bassa compatibilità polimero-bitume (influenza la stabilità del sistema);
- più alte viscosità durante la lavorazione e l'applicazione;
- costi più alti



ESEMPI

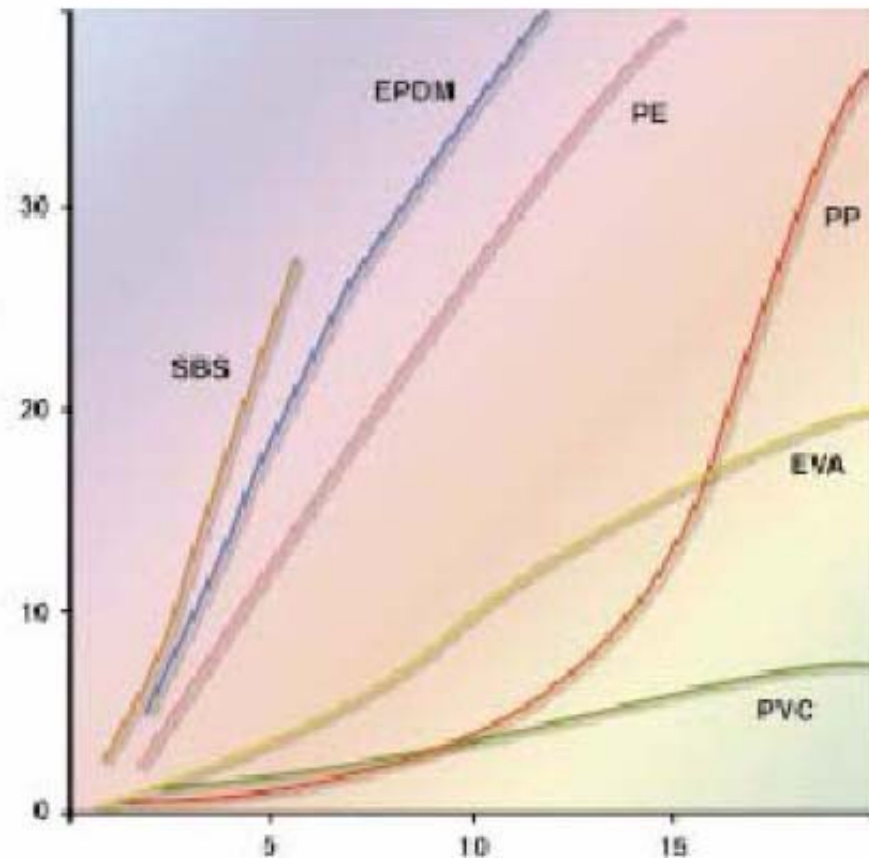
Conglomerati bituminosi di tipo "aperto" ossia ad elevato grado di porosità (fino al 18% contro un massimo del 5% consentito da un manto tradizionale). Questi conglomerati hanno ottime proprietà drenanti e fonoassorbenti.

- eliminano i fenomeni di "acquaplaning" e di nebulizzazione dell'acqua alle spalle del veicolo in marcia, aumentando rispettivamente l'aderenza e la visibilità
- riducono l' inquinamento acustico causato dal rotolamento degli pneumatici abbattendo il rumore generato dal traffico veicolare.



Valutazione della temperatura di rammollimento della miscela.
Innalzamento della temperature di rammollimento provocata dal polimero in funzione della percentuale in peso del polimero impiegato

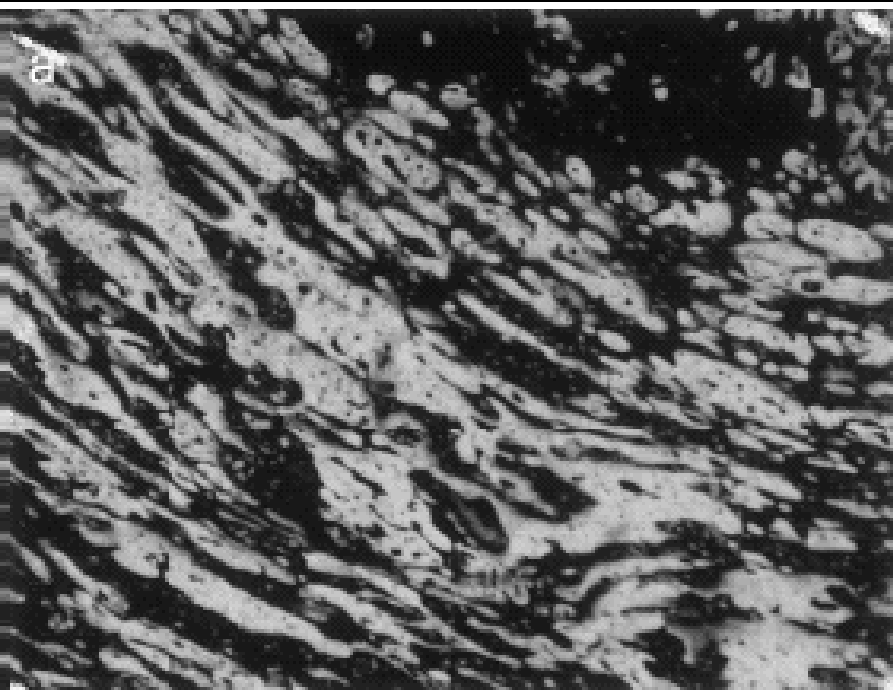
Incremento della temperatura di rammollimento (°C)



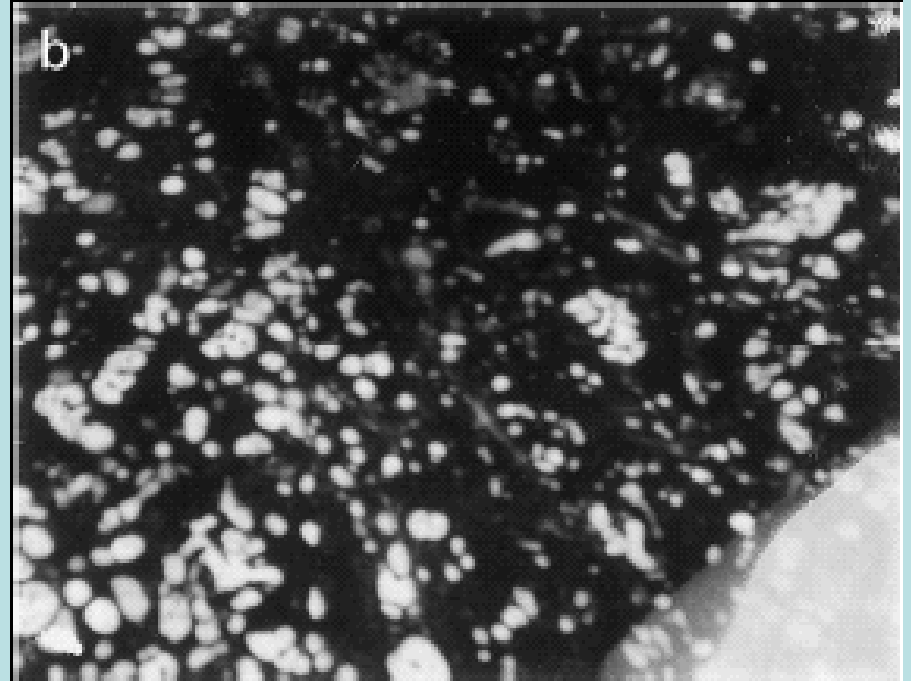


Il polipropilene come modificante

- buona resistenza al calore e all'invecchiamento
- difficile da disperdere nel bitume senza avere separazione,
- la stabilità allo stoccaggio alle alte temperature necessaria per applicazioni stradali è di solito bassa
 - viscosità più alta alle alte temperature e una più bassa densità del bitume.
 - la produzione di membrane, grazie al rapido raffreddamento del prodotto dopo il miscelamento del polimero e del bitume.



a) Fase ricca di polimero



b) Fase ricca di bitume



I problemi più frequenti di deterioramento sono:

- deformazioni permanenti con formazione di ormaie (rutting);
- rottura a fatica (fatigue cracking) con fessurazioni in direzione prevalentemente longitudinale. Uno stadio avanzato di questo tipo di deterioramento porta alla formazione di crepe in tutte le direzioni (alligator cracking) che danno luogo al distacco di pezzi di conglomerato, generando buche (potholes);
- fessurazioni a basse temperature (low temperature cracking) in direzione trasversale alla direzione del traffico, dovute a ritiro termico.



Composizione dei Conglomerati bituminosi

Essi sono infatti materiali a tre o addirittura a quattro fasi :

- aggregati;
- bitume;
- aria;
- acqua (in alcuni casi).

Sono solo macroscopicamente omogenei, soggetti durante il loro ciclo di vita a condizioni ambientali e di sollecitazione variabili che ne determinano una graduale evoluzione. Le loro caratteristiche meccaniche e di ***durabilità*** dipendono pertanto dalle interazioni e dai ***rapporti quantitativi tra le fasi e dalle proprietà degli aggregati lapidei e del bitume.***



Composizione dei Conglomerati bituminosi

Le varie classi di aggregati disponibili vengono combinate in modo tale da ottenere una distribuzione granulometrica piuttosto vicina a quella di massimo addensamento. Tuttavia, poiché si è osservato che con una tale distribuzione possono insorgere dei problemi legati a un *insufficiente contenuto di vuoti* nel conglomerato allo stato compattato, si preferisce far riferimento alla legge che esprime la percentuale di passante P a ciascun setaccio come:



$$P = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^{0.45}$$

dove:

d = diametro medio dei più grandi elementi passanti a ciascun setaccio;

D = massima dimensione degli aggregati.





Composizione dei Conglomerati bituminosi: aggregati

A seconda degli strati della pavimentazione entro i quali vengono inclusi, gli *aggregati* devono essere selezionati in modo da avere particolari caratteristiche di forma e di tessitura: in particolare, negli strati superficiali è opportuno l'impiego di elementi regolari a spigolo vivo e con superficie ruvida la cui presenza esalta le caratteristiche di mutuo attrito e resistenza al taglio.

Poiché è fondamentale che gli aggregati non si disgreghino sotto l'azione delle sollecitazioni del traffico veicolare, esistono inoltre delle procedure sperimentali per la valutazione delle loro *caratteristiche di resistenza all'abrasione, all'usura e alla frantumazione*:

la prova Los Angeles



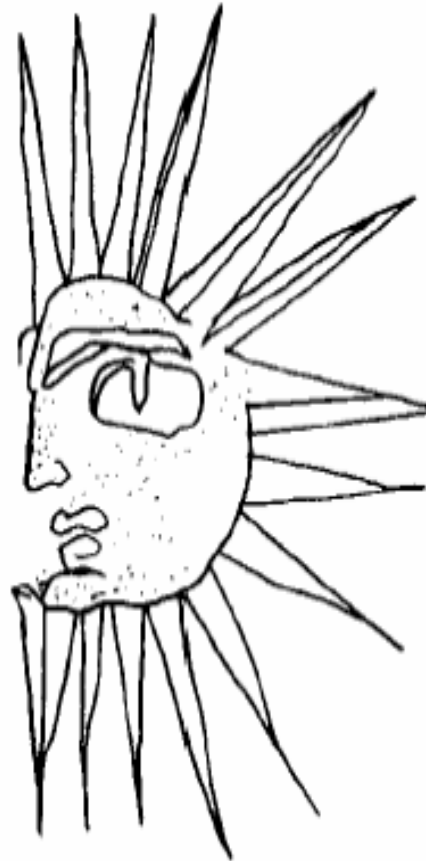
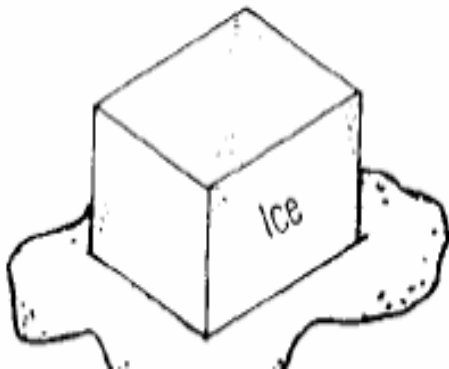


Composizione dei Conglomerati bituminosi: bitume

Il bitume svolge le funzioni di legante, dotando l'ammasso lapideo di quella coesione che altrimenti non potrebbe avere. Inoltre è proprio al bitume che si deve il *carattere* essenzialmente *viscoelastico* e *termoplastico* del conglomerato che, oltre a manifestare delle deformazioni istantanee sotto carico, presenta delle componenti di risposta dipendenti dal tempo e/o dalla velocità di applicazione delle sollecitazioni e dalla temperatura.

Thermoplastic:

These plastics become soft when exposed to sufficient heat and harden when cooled, no matter how often the process is repeated.



Il bitume caldo e fluido viene in contatto con le particelle di aggregato penetrando in tutte le fessure e i pori superficiali e ricoprendole con una sottile pellicola avente uno spessore che è essenzialmente una funzione della sua viscosità.



Composizione dei Conglomerati bituminosi: bitume

La miscela viene stesa e compattata fino a un prestabilito stato di addensamento e subisce un graduale raffreddamento fino alla temperatura ambiente, accompagnato a livello microscopico da una diminuzione del movimento delle molecole. Una volta in servizio il conglomerato bituminoso è quindi soggetto a un graduale processo di ossidazione e a una continua variazione del livello tensionale, della temperatura e dell'umidità dell'ambiente: corrispondentemente il legame bitume-aggregato passa attraverso stati di quasi-equilibrio di durata variabile che in alcuni casi possono sfociare in un progressivo seppur lento *decadimento con perdita del legame tra le due fasi*.





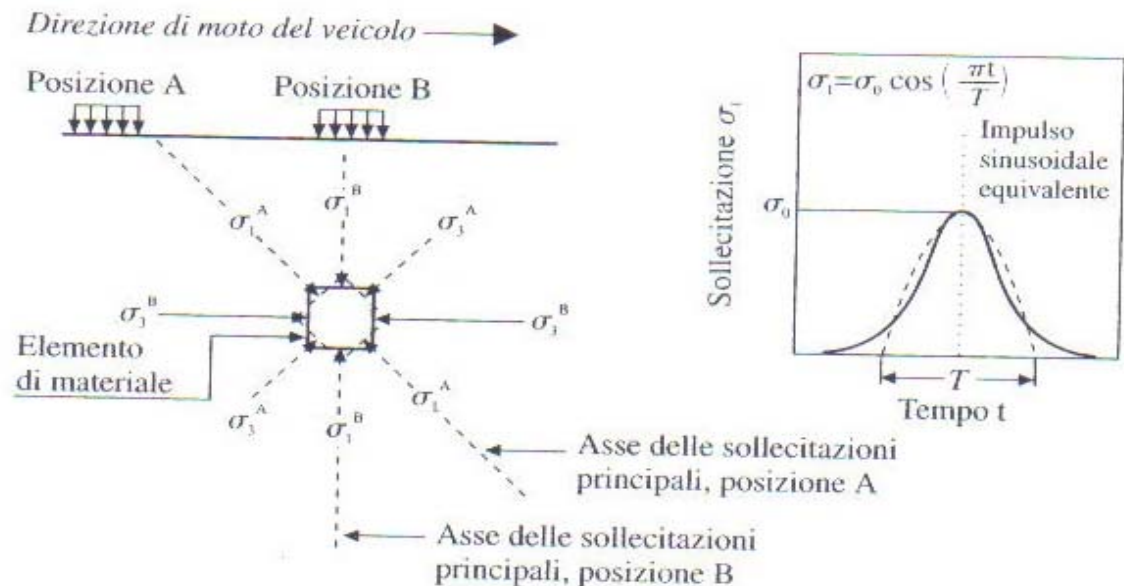
Proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso

Caratteristiche tenso-deformative

Il conglomerato bituminoso eredita dal bitume, che ne costituisce la base della matrice legante, un comportamento viscoelastico. Le proprietà viscoelastiche del conglomerato possono essere determinate sperimentalmente mediante prove di creep, di rilassamento e di *sollecitazione sinusoidale* alternata.

Le prove a sollecitazione alternata, dette anche dinamiche o cicliche, oltre a consentire la determinazione diretta del modulo complesso E^* (o G^*) e dell'angolo di sfasamento δ *simulano la storia di carico* alla quale viene sottoposto un generico elemento di materiale all'interno della pavimentazione al passaggio di un veicolo.

Esse possono essere effettuate in un gran numero di configurazioni di carico su campioni aventi le geometrie più disparate.





Proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso

Prove dinamiche flessionali Eseguite in un ampio campo di frequenze e di temperature, con relativa costruzione della *curva maestra* a una temperatura di riferimento di 15°C.

Per poter rappresentare il comportamento tridimensionale dei conglomerati bituminosi tali dati devono essere inoltre integrati dalle misure del rapporto complesso di Poisson ν^* , definito come:

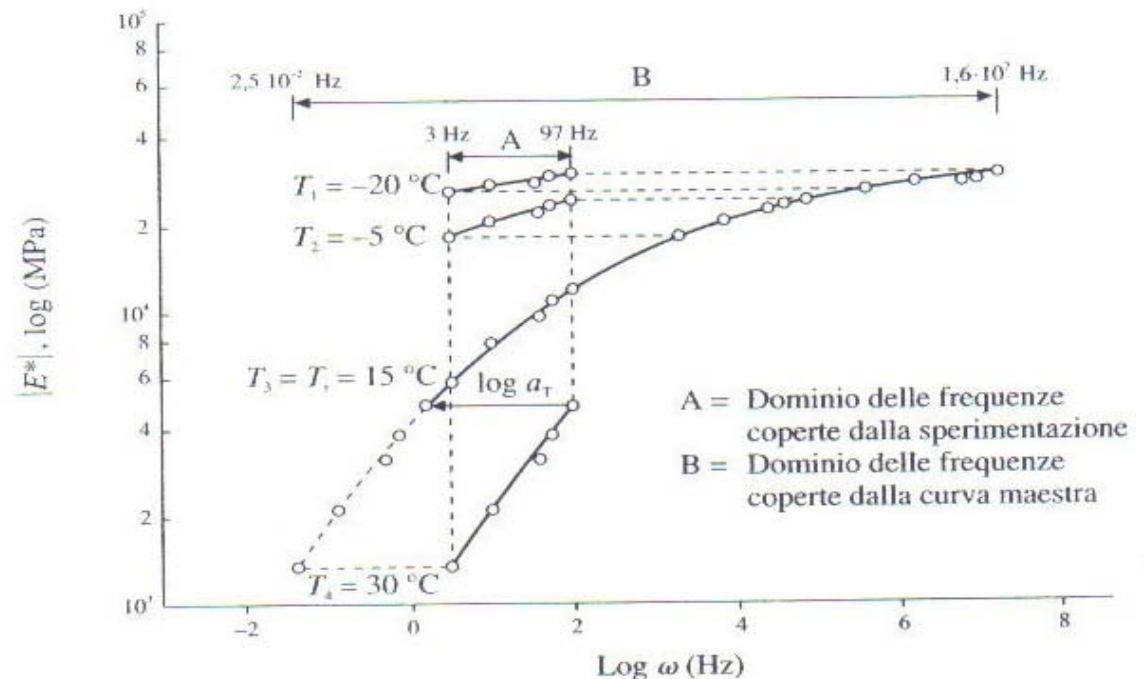
$$\nu^* = \frac{\varepsilon_n(t)}{\varepsilon(t)}$$

dove:

$\varepsilon(t)$ = deformazione longitudinale nella direzione del carico applicato, pari a $\varepsilon_0 \cdot \sin(\omega t)$

$\varepsilon_n(t)$ = deformazione trasversale ad essa associata, sfasata rispetto ad essa di δ' e data dall'espressione:

$$\varepsilon_n(t) = \varepsilon_{n0}(t) \cdot \sin(\omega t - \delta')$$





Proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso

Le prove di creep costituiscono una valida alternativa alle prove dinamiche in quanto necessitano di apparecchiature di complessità inferiore e consentono il calcolo delle medesime funzioni viscoelastiche applicando delle opportune formule di conversione alla funzione di deformabilità $D(t)$. Quest'ultima è pari all'inverso del modulo di rigidezza $G(t)$ ed abbiamo che:

$$E(t) = \frac{\sigma_0}{\varepsilon(t)}$$

Il valore della rigidezza di un conglomerato bituminoso dipende, oltre che dal tempo e dalla temperatura, dalla:

- costituzione volumetrica della miscela;
- dalle caratteristiche delle fasi costituenti.



Proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso

Caratteristiche di resistenza

Al passaggio di ogni singolo veicolo, per effetto dell'inflessione locale dell'intero pacchetto strutturale al fondo dello strato di conglomerato bituminoso insorgono delle sollecitazioni di trazione. Benché esse siano generalmente inferiori alla resistenza a trazione del materiale, la loro ripetuta applicazione induce un *danno locale* progressivo al materiale, che dopo un certo numero di cicli di carico dà luogo a delle fratture che si diffondono gradualmente verso l'alto.

I campioni di materiale vengono ricavati dalla pavimentazione o da blocchi di materiale costipato in laboratorio e vengono quindi sottoposti, a una data temperatura, a cicli di sollecitazione sinusoidale di frequenza e ampiezza costanti fino a rottura. Per pervenire alla definizione di un *criterio di rottura* viene generalmente seguito un approccio più semplice.





Proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso

Mentre la maggior parte delle prove di fatica è effettuata applicando cicli di carico continui di una certa ampiezza a determinate temperature e frequenze, nella pavimentazione il conglomerato bituminoso è soggetto, in condizioni di temperatura e di frequenza continuamente mutevoli, a una successione di impulsi di carico di entità variabile. Di conseguenza, per poter prevedere le prestazioni del materiale in opera sulla base delle sole prove di laboratorio si può utilizzare la *legge di Miner dell'accumulo lineare dei danni di fatica*, in base alla quale le condizioni di rottura vengono raggiunte quando è soddisfatta l'espressione:

$$\sum_{i=1}^j \frac{n_i}{N_i} = 1$$

dove:

n = numero di cicli applicati;

N = numero di cicli aventi livello di deformazione ε_i che conducono a rottura;

j = numero di diversi livelli di deformazione applicati.

Le prove di fatica a sollecitazione imposta conducono infatti a una situazione di rottura immediatamente dopo la formazione della fessura nel materiale. Tale situazione è tipica di conglomerati bituminosi con:

- elevato spessore, superiore a 10 cm;
- basse temperature di esercizio, caratteristiche della stagione invernale.



Proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso

Durabilità del conglomerato bituminoso capacità di resistere nel tempo alle variazioni delle proprie caratteristiche prestazionali indotte da fattori ambientali.

La *penetrazione di acqua all'interfaccia aggregato-bitume* può avvenire mediante una diffusione attraverso i film di bitume e con una filtrazione attraverso le fessure presenti nella matrice legante. Porta all'indebolimento e all'eventuale perdita del legame di adesione tra le due fasi. Tale fenomeno, detto ***spogliamento*** (o stripping).



Esso può manifestarsi sotto forma di diversi dissesti della pavimentazione: oltre alla creazione di ormaie e allo spostamento localizzato di materiale, si possono infatti avere fenomeni di sgranamento, fessurazione e formazione di corrugazioni.



Proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso

Impiego stradale

I bitumi liquidi si dividono, secondo la natura dei prodotti volatili, in tre categorie:
bitumi liquidi a lento indurimento o slow curing;
bitumi liquidi a medio indurimento o medium curing;
bitumi liquidi a rapido indurimento o rapid curing.

bitumi liquidi a lento indurimento



contengono oli poco volatili



Per l'applicazione si consiglia di riscaldare il bitume di questo tipo fino a 90-120°C



Impiego stradale

bitumi liquidi a medio indurimento



contengono kerosene che viene miscelato con filler



Per l'applicazione si consiglia di riscaldare il bitume di questo tipo fino a 10-100°C

bitumi liquidi a rapido indurimento



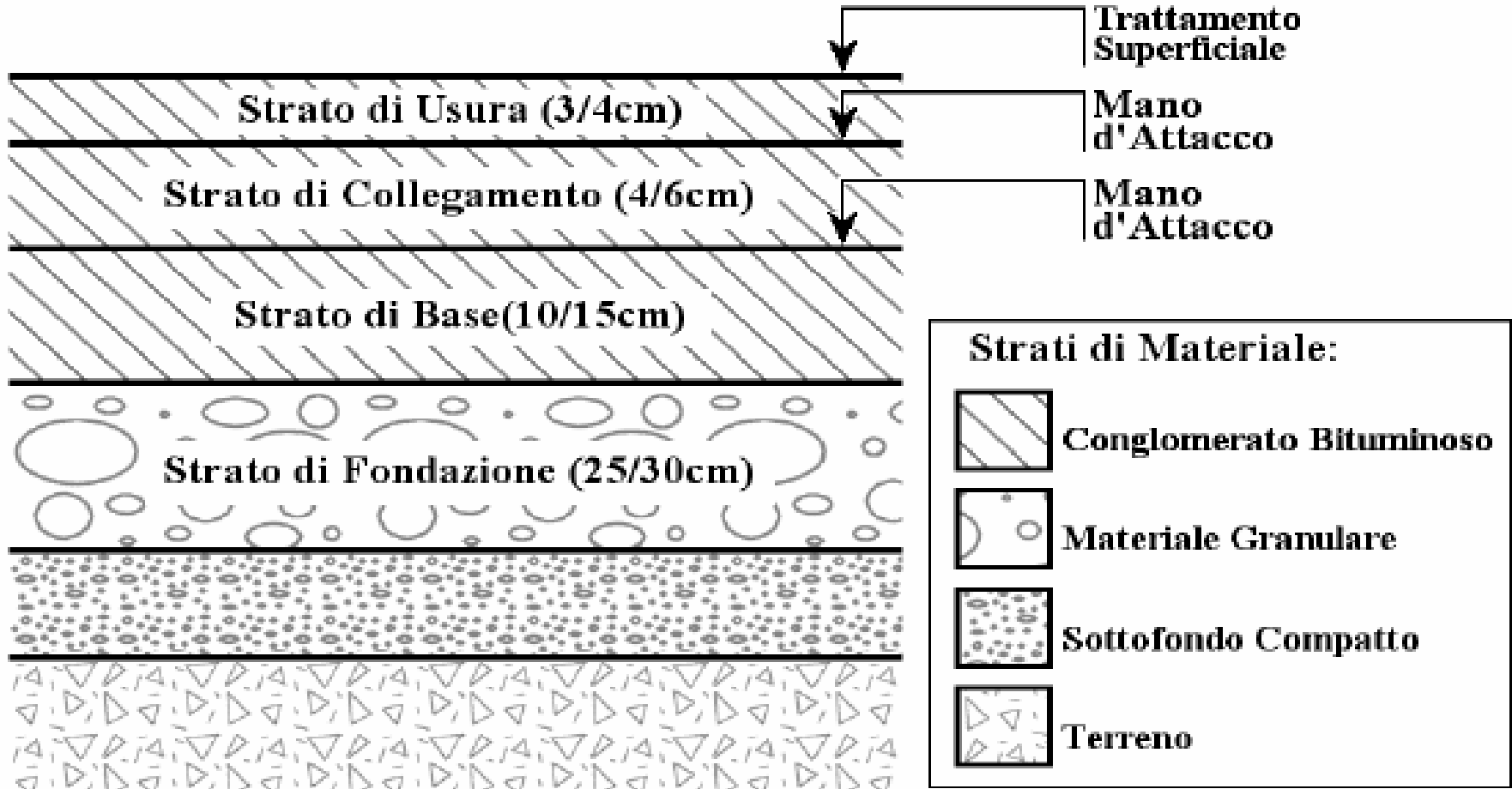
contengono benzina



Per l'applicazione si consiglia di riscaldare il bitume di questo tipo fino a 10-60°C



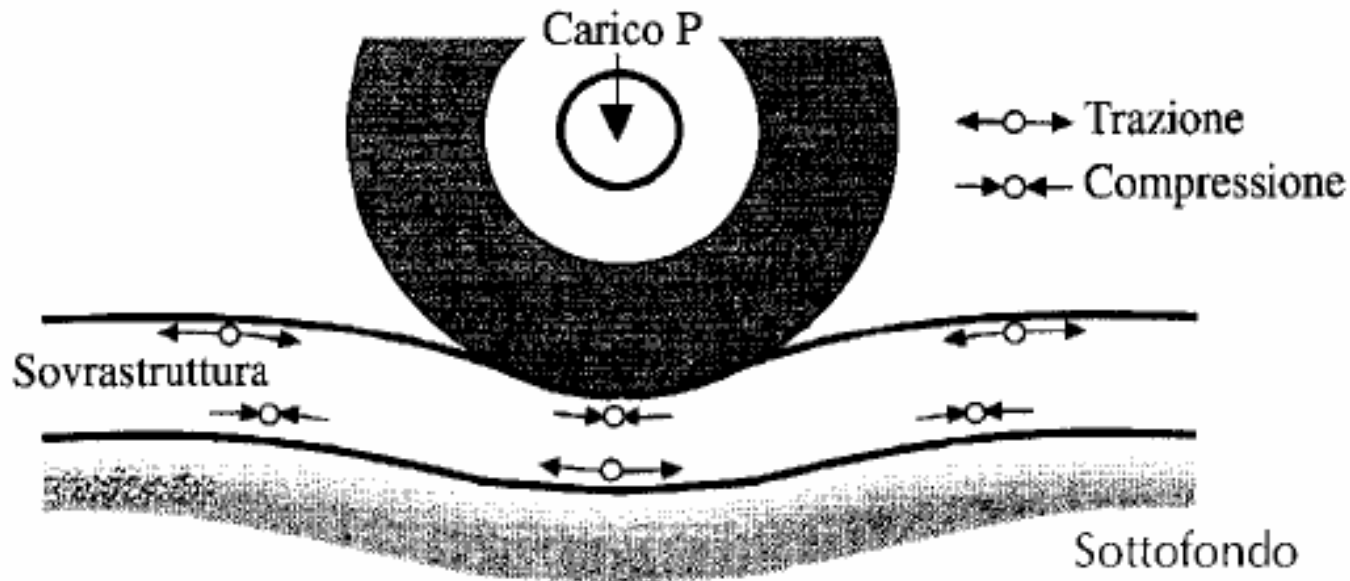
Impiego stradale



Lo strato di usura può richiedere un trattamento superficiale che ne aumenta la ruvidità, per migliorare il coefficiente d'attrito con gli pneumatici.



Impiego stradale

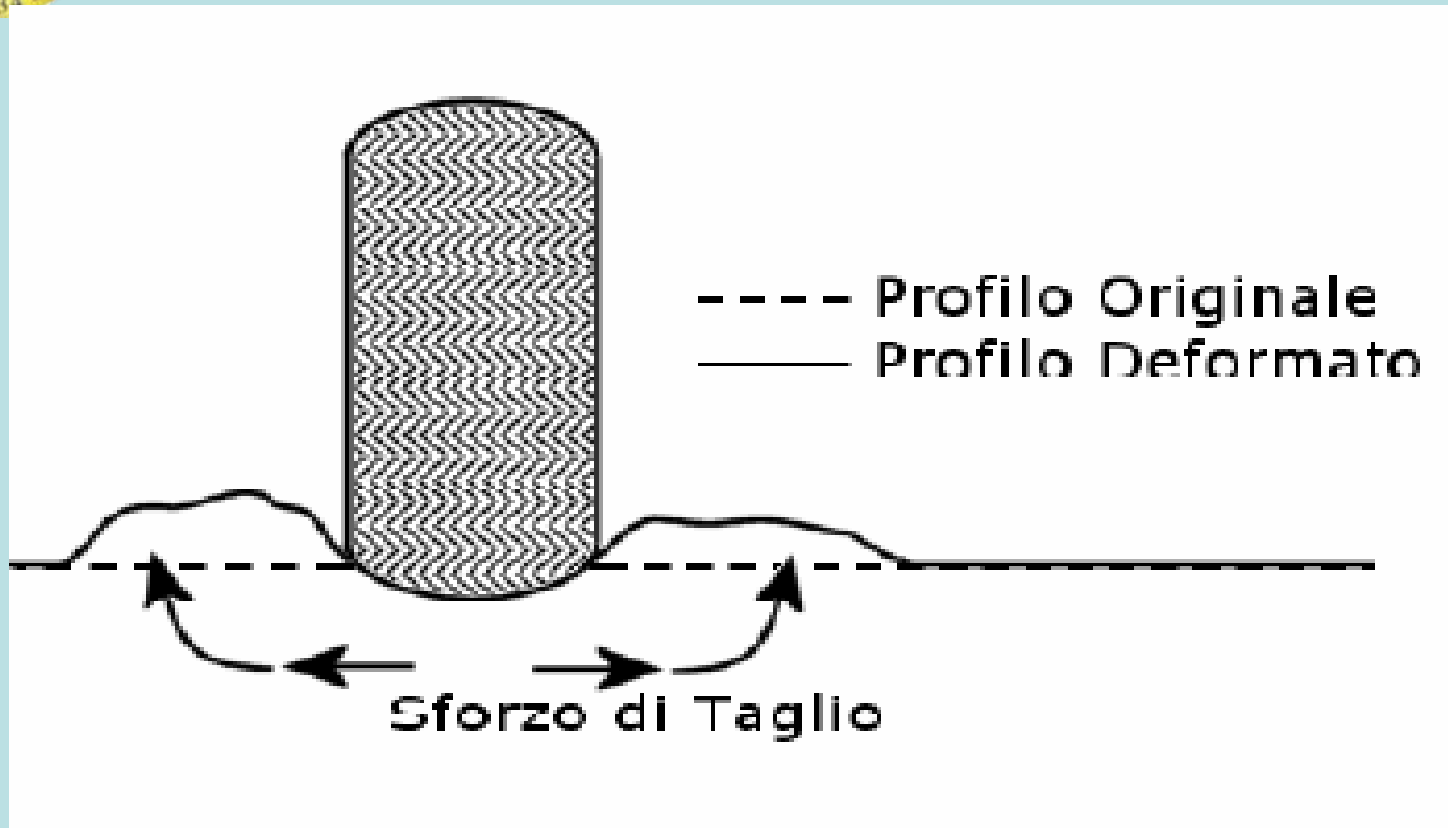


Sollecitazioni dovute al traffico Lo stato di sollecitazione è piuttosto complesso e comprende effetti di trazione e compressione in tutte le direzioni. Lo strato superficiale è naturalmente quello più sottoposto a deterioramento, non solo a causa del traffico, ma anche delle condizioni ambientali.

La radiazione solare, la pioggia, l'ossidazione atmosferica, sono tutti fenomeni che contribuiscono in maniera determinante all'usura della pavimentazione.



Impiego stradale



I problemi più frequenti di deterioramento sono:

- deformazioni permanenti con formazione di ormaie;
- rottura a fatica con fessurazioni in direzione prevalentemente longitudinale;
- fessurazioni a basse temperature in direzione trasversale dovute a ritiro termico.



Impiego stradale

Il legante costituisce mediamente solo il 5% della mescola; nonostante ciò, dal bitume dipendono praticamente tutte le proprietà meccaniche di un conglomerato. Le caratteristiche fondamentali di un buon legante sono:

- sufficiente rigidità alle elevate temperature di esercizio;
- non eccessiva fragilità nel periodo invernale, o nei climi particolarmente freddi;
- buona adesività al minerale inerte.
- facilità di miscelamento al materiale inerte.





Le membrane bitume-polimero

Prodotto utilizzato in edilizia per l'*impermeabilizzazione* delle coperture piane. Con lo sviluppo dell'uso del petrolio, il catrame venne soppiantato dal bitume, il quale, si rivelò più idoneo al bisogno se ossidato, alzandone il punto di rammollimento. Circostanze di vario genere portarono alla scoperta della polimerizzazione del polipropilene con la nascita *della membrana bitume-polimero*.





Le membrane bitume-polimero

Caratterizzata anche dal suo abbinamento con nuovi tipi di armatura, il velovetro, ad esempio, e, più tardi il "tessuto non tessuto" di poliestere etc. Oggi, la tecnica si è ulteriormente affinata e il miglioramento continuo porta a prestazioni meccaniche sempre più elevate delle membrane, con miscele sempre più resistenti all'invecchiamento.



Compound Bituminoso

Miscela di bitume, polimeri e "fillers" che serve a conferire impermeabilità alla membrana.

Membrana

Le sue prestazioni sono influenzate dal tipo di miscela, dal tipo di armatura e dalla massa areica (peso/spessore). Queste tre variabili determinano i campi di impiego di una specifica membrana.

Armatura

Fornisce il supporto alla massa impermeabilizzante, le conferisce stabilità dimensionale e ripartisce i carichi applicati alla membrana.



Le membrane bitume-polimero

Hanno avuto successo come modificanti del bitume nelle membrane bituminose tre polimeri:

- il polipropilene atattico (APP) che conferisce plasticità alla mescola;
- la gomma stirene-butadiene-stirene a blocchi (SBS) che conferisce elasticità alla mescola;
- le polialfaolefine (PAO) che esaltano la resistenza della mescola.



PERICOLOSITA' DEL BITUME

- Fumi nocivi alle alte temperature
- il bitume se correttamente conservato e maneggiato non è pericoloso
- Il catrame è classificato come sostanza cancerogena

Direttiva 67/548/CE e relative successive 7 modifiche

Per definire la pericolosità di una sostanza deve essere analizzata così come i presenta:

→ Il bitume in se quindi non è classificato pericoloso, ma l'uso di particolari solventi può generare rischi per la salute

Per capire come il bitume non rappresenti un rischio per l'uomo, basta considerare come tale materiale fu usato fin dall'antichità, e tuttoggi è ampiamente impiegato per realizzazioni urbane, senza per questo aver rivelato danni alla salute dell'uomo.



Esistono comunque rischi per gli operatori:

- Ustioni da contatto → sostanze trasportate a più di 100°C diventano pericolose
- Possibile presenza di gas solforosi → idrogeno solforato pericoloso per inalazione
- Possibile accumulo di fumi di bitume + solfuri di ferro provenienti dall'attacco della lamiera da parte dei composti solforati → pericolo di detonazione in presenza di ossigeno
- fumi di bitume: generati alle alte temperature, provocano danni fisici alle vie respiratorie (oltre 160°C). Per la presenza del benzene si consiglia di abbassare ulteriormente la temperatura di lavoro



La quantità e la composizione dei fumi dipende:

- dal grezzo di partenza,
- dal processo di produzione
- dal tipo di applicazione (in conseguenza dalla temperatura di utilizzo).

I fumi sono costituiti in parte da vapori e in parte da particolato aeriforme.

Per procedere alla determinazione analitica della composizione dei fumi il particolato aeriforme viene raccolto tramite attrezzature chiamate “campionatori” su un sistema di filtri, mentre i vapori sono catturati con un tubo assorbente posto in serie al campionatore.



tra le tecniche analitiche impiegate si possono ricordare quella basata su cromatografia liquida (LC), o cromatografia liquida ad alta risoluzione (HPLC) abbinata a fluorescenza ultravioletta (UV).

I risultati ottenuti in laboratorio sono differenti da quelli ottenuti sul campo

| BITUMI | | | | | | | | PECE DI CATRAME | |
|---|----------------------|--------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | BITUMI STRADALI | | | BITUMI OSSIDATI | | | | | |
| Riferimenti | Walcave (*) et al | Brandt et al | | Brandt et al | | NIOSH (Bitumi per edilizia) | | Brandt et al | |
| Bitume o Fumi condensati (Temperatura °C) | Bitume | Bitume | Fumi Condensati (160) | Bitume | Fumi Condensati (250) | Fumi Condensati (232) | Fumi Condensati (316) | Pece | Fumi (160) |
| Numero di campioni | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| IPA (mg/kg) | | | | | | (#) | (#) | tutti i valori x 10 ³ | tutti i valori x 10 ³ |
| Fenantrene | 0.4-3.5 | 1.7-7.3 | 329-842 | 0.3-2.4 | 107-382 | 180-300 | 53-69 | 19.8-25.7 | 210-240 |
| Antracene | ND | <0.1-0.3 | 3.6-21 | <0.1 | 4.5-22 | | 4.60-7.31 | 64-76 | |
| Fluorantene | ND-2.0 | 0.4-0.7 | 14-32 | 0.2-0.5 | 13-24 | 86-97 | 7.3-10 | 29-36 | 76 |
| Pirene | 0.3-8.3 | 0.3-1.5 | 26-134 | 0.2-0.3 | 15-85 | 63-70 | 7.7-9.0 | 21.3-27.2 | 44-49 |
| Crisene | <0.1-8.9 | 0.5-3.9 | 91-157 | 0.8-1.0 | 33-74 | 13-25 | 14-19 | 11.2-22.7 | 5.6-11 |
| Benzo(a)antracene | ND-2.1 | 0.1-1.1 | 23-40 | 0.2-0.3 | 12-36 | 7.6-11 | 5.7-10 | 20.4-24.5 | 5.9-12 |
| Perilene | ND-39 | <0.1-3.3 | 1.7-8.1 | <0.1-0.2 | 1.7-15 | NR | NR | 2.77-3.50 | 0.12-0.15 |
| Benzofluoranteni (+) | NR | ND-0.2 | ND-1.6 | <0.1-0.1 | <0.1-2.6 | 1.8-5.2 | ND-4.0 | 5.25-60.01 | 0.38-0.44 |
| Benzo(e)pirene | <0.1-13 | NR | NR | NR | NR | 3.6-5.5 | 1.4-8.2 | NR | NR |
| Benzo(a)pirene | ND-2.5 | 0.2-1.8 | 3.4-6.6 | 0.4-0.5 | 5.0-8.5 | 2.2-2.9 | ND-1.9 | 11.4-15.2 | 0.55-0.67 |
| Dibenzoantraceni | NR | NR | NR | NR | NR | 1.6-1.8 | ND | NR | NR |
| Indino(1,2,3-cd)pirene | ND-<0.1 | NR | NR | NR | NR | 2.2-2.7 | ND-3.1 | NR | NR |
| Benzo(ghi)perilene | <0.1-4.6 | 1.7-4.2 | 6.0-12.0 | 1.2-2.0 | 7.0-15 | 0.8 | ND-1.5 | 3.43-3.53 | 0.03-0.05 |
| Antantrene | ND-<0.1 | <0.1-0.1 | ND | ND | ND | NR | NR | 1.23-1.73 | 0.01-0.02 |
| Dibenzo(al)pirene | NR | ND | ND | ND | ND | <0.5 | <0.5 | ND | ND |
| Dibenzo(ai)pirene | NR | ND-0.6 | ND | ND-0.3 | ND | | 0.13-0.16 | 0.13-0.16 | ND <0.01 |
| Coronene | ND-1.9 | ND-0.4 | 3.0-11 | ND | ND-11 | <0.5 | <0.5 | ND-0.12 | ND |

Intervalli di concentrazione di Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nei bitumi e nei loro fumi, confrontati con quelli delle peci di catrame



È obbligo del produttore avvertire della pericolosità della sostanza → Scheda di sicurezza, Frasi di rischio R

- Esplosività:

Classificazione: Non classificato, sulla base dell'esperienza pratica e della composizione chimica.

- Proprietà ossidanti (Comburenti):

Classificazione: Non classificato, sulla base dell'esperienza pratica e della composizione chimica.

- Inflammabilità (valore limite di classificazione 55 °C).

Classificazione: Non classificato – i prodotti in commercio hanno valori > 200 °C.



SCHEDA DATI SICUREZZA E AMBIENTE

1. Identificazione del preparato e della società

Nome del prodotto **BITUME (Tutti i tipi)**
Impiego **Pavimentazione stradale, membrane, guaine, protettivi, impermeabilizzanti, sigillanti Combustibile.**
Produttore **Ragione Sociale**
 Indirizzo e N. Telefono
Numero telefonico di chiamata urgente:
N. Telefono

2. Composizione

Bitume di petrolio (**CAS 8052-42-4 / EINECS 232-490-9**): 100 % p

Miscela di idrocarburi avente numero di atomi di carbonio superiore a C₂₅. Contiene altri costituenti organici (p.e. composti dello zolfo) ad elevato peso molecolare.

3. Identificazione dei pericoli

3.0 Generalità:

Il bitume non è classificato pericoloso secondo i criteri previsti dalla UE; a temperatura ambiente non presenta pericoli significativi per la salute umana.

Dato l'utilizzo a caldo del prodotto il pericolo maggiore per gli utilizzatori è la possibilità di ustioni per contatto con il prodotto fuso o i suoi fumi.

Il bitume riscaldato emette fumi. Anche se si presume che tali fumi non presentino pericoli significativi per la salute, la normale prudenza consiglia di limitare al massimo l'esposizione, utilizzando procedure di lavoro corrette e assicurando una buona ventilazione degli ambienti di lavoro.

L'inalazione prolungata dei fumi del prodotto caldo può causare irritazione delle vie respiratorie.

Nei fumi che potrebbe essere presente idrogeno solforato (gas tossico e infiammabile), che può accumularsi fino a raggiungere concentrazioni pericolose nei serbatoi di stoccaggio.

3.1 Pericoli chimico-fisici

Il bitume è normalmente stoccato e manipolato a temperature superiori a 100 °C, e il contatto con l'acqua provoca una violenta espansione con pericolo di schizzi e ribollimenti

Il bitume non è classificato infiammabile, ma è una sostanza combustibile, e può bruciare.



Il prodotto allo stato solido e a temperatura ambiente non presenta rischi particolari per gli utilizzatori. Un contatto prolungato e ripetuto, in assenza di adeguata igiene personale, può dare irritazione della pelle

4. Misure di primo soccorso

Prodotto liquido o comunque ad elevata temperatura:

CONTATTO PELLE : raffreddare la parte con acqua corrente fredda per almeno dieci minuti. Fare attenzione a non provocare uno stato di ipotermia generale

Dopo il raffreddamento, non tentare di togliere lo strato di bitume dalla pelle in quanto costituisce una protezione sterile della parte ustionata. Lo strato si toglie spontaneamente al momento della guarigione della pelle dopo qualche tempo. Se necessario, il bitume può essere ammorbidito e poi rimosso con tamponi imbevuti di olio vegetale od olio di vaselina.

In caso di ustioni, consultare immediatamente un medico o trasportare il soggetto in ospedale.

Il bitume raffreddando si contrae. Se un arto è circondato completamente da bitume raffreddato, la pressione può bloccare la circolazione del sangue (effetto laccio). In questo caso è necessario rammollire o incidere il bitume in modo da permettere la libera circolazione.

CONTATTO OCCHI: raffreddare la parte con abbondante acqua per almeno cinque minuti; non fare alcun tentativo per rimuovere il bitume. Trasportare urgentemente il colpito in ospedale.

INALAZIONE FUMI: in caso di irritazione per esposizione ad elevata concentrazione di fumi, trasportare il colpito in atmosfera non inquinata. Se necessario, richiedere assistenza medica o trasportare il soggetto in ospedale.

In caso di malessere per esposizione a idrogeno solforato, portare immediatamente all'aria aperta, usando le opportune misure di sicurezza per i soccorritori, e richiedere urgentemente assistenza medica. Se l'infortunato non è cosciente, tenere in posizione di sicurezza. Tenere sotto controllo polso e respirazione

In attesa del medico, se la respirazione è irregolare o si è fermata, praticare la respirazione artificiale, preferibilmente con il metodo bocca-bocca, e, in caso di arresto cardiaco, praticare il massaggio cardiaco.

Nel caso di contatto con prodotto solido a temperatura ambiente non sono necessarie misure particolari se non quelle di normale igiene. Nel caso di ingestione consultare un medico.

Contatto occhi: lavare gli occhi con abbondante acqua, tenendo le palpebre bene aperte. Consultare un medico in caso di irritazione persistente

5. Misure antincendio

- Mezzi di estinzione: polvere chimica, anidride carbonica, schiuma, acqua nebulizzata; evitare l'impiego di getti d'acqua (possono provocare il ribollimento del bitume fuso).
- L'utilizzo di acqua a getto frazionato è riservata al personale appositamente addestrato.
- Usare getti d'acqua solo per raffreddare le superfici esposte al fuoco, evitando che l'acqua vada all'interno dei serbatoi.
- Equipaggiamento speciale per gli addetti antincendio: autorespiratori e mezzi di protezione personale (guanti, scarpe, occhiali)
- Prodotti pericolosi della combustione: CO_x, HC, SO_x



6. Misure in caso di fuoriuscita accidentale

Bloccare lo spandimento all'origine evitando che il prodotto defluisca nelle fognature.

- Spandimenti sul suolo: contenere il prodotto fuoriuscito, e lasciare raffreddare. Raccogliere in contenitori adatti. Avviare a recupero o smaltimento secondo le disposizioni di legge.
- Spandimenti in acqua: asportare il prodotto versato con mezzi meccanici. Raccogliere in contenitori adatti. Informare le autorità competenti in accordo alla legislazione vigente. Non usare solventi o disperdenti

7. Manipolazione e stoccaggio

Generalità:

- Temperatura consigliata di stoccaggio, carico/scarico: 160° C circa.
- In ogni caso non superare i 200 ° C.
- Evitare di surriscaldare il prodotto per limitare la produzione di fumi.

Manipolazione

- Il bitume è stoccato e manipolato fuso ad alta temperatura
- Evitare il contatto con la pelle (pericolo di ustioni) e di respirare i vapori del prodotto (irritazione delle vie respiratorie)
- Usare tubazioni pulite, asciutte, di materiale resistente al calore, senza strozzature o pieghe.
- Non usare vapore per svuotare tubazioni o raccordi
- Non usare solventi per eliminare eventuali ostruzioni dei tubi. Usare solo il riscaldamento.
- Operare in luoghi ben ventilati.

Stoccaggio

- Evitare l'entrata di acqua nei serbatoi.
- In caso di stoccaggio prolungato, si possono formare dei depositi sulle pareti e sul cielo dei serbatoi. Tali depositi, composti di materiale carbonioso e solfuri di ferro, possono avere caratteristiche piroforiche e incendiarsi spontaneamente al contatto con l'aria (apertura del serbatoio).
- In caso di stoccaggio prolungato ad alta temperatura, nei serbatoi può accumularsi idrogeno solforato.
- I serbatoi devono essere dotati di ventilazione adeguata (i tubi non devono terminare in vicinanza di finestre o prese d'aria)

Precauzioni in fase di scarico del bitume dal serbatoio

- Durante lo svuotamento di un serbatoio di bitume, è necessario prendere le opportune precauzioni per evitare rischi di incendio o esplosione.
 - I serbatoi di bitume possono essere riscaldati per mezzo di olio diatermico, vapore, elettricità o a riscaldamento diretto. Quando si svuota un serbatoio di bitume dotato di un riscaldatore a fascio tubiero, è necessario assicurarsi che il livello del bitume non scenda sotto a un livello pari ad almeno 150 mm al di sopra del fascio tubiero, a meno che il riscaldamento non venga spento in anticipo, in modo da permettere un raffreddamento adatto. La temperatura media del bitume dovrebbe essere tenuta più bassa possibile, compatibilmente con le esigenze di lavoro, e non deve mai superare la massima temperatura di manipolazione prevista
 - Il serbatoio di arrivo deve avere sufficiente spazio libero per tener conto dell'espansione del carico.
-



8 Protezione personale e controllo dell'esposizione

8.0 Generalità

Il bitume ha una bassa volatilità, e in condizioni normali la produzione di fumi è limitata. Limitare comunque l'esposizione ai fumi. In caso di operazioni in ambienti confinati, assicurare una ventilazione sufficiente.

8.1 Valori limite per l'esposizione:

Limiti di esposizione più significativi

TLV - TWA (A.C.G.I.H. 2002): 0,5 mg/m³ (fumi di bitume, frazione solubile in benzene del particolato inalabile)

TLV - TWA (A.C.G.I.H. 2002): 10 ppm (idrogeno solforato)

TLV - STEL (A.C.G.I.H. 2002): 15 ppm (idrogeno solforato)

Procedure di monitoraggio: fare riferimento al Dlgs. 25/2002 e alle buone pratiche di igiene industriale

8.2 Controllo dell' Esposizione:

Qualora siano superati i limiti di esposizione, e se gli impianti, le modalità operative ed altri mezzi per ridurre l'esposizione dei lavoratori non risultassero adeguate allo scopo, è necessario adottare mezzi di protezione individuali.

- Protezione respiratoria

In ambienti ventilati o all'aperto: nessuna

In ambienti confinati non adeguatamente ventilati: apparecchi respiratori. Per le caratteristiche, fare riferimento al DM 2/5/2001

- Protezione mani/occhi/pelle:

In caso di manipolazione del prodotto con possibilità di contatto diretto, usare abiti resistenti al calore con maniche lunghe, elmetto con protezione della nuca, schermo facciale, guanti lunghi isolanti e scarpe antinfortunistiche. Nel caso, fare riferimento alle norme UNI EN 465-466-467 (indumenti), UNI EN 166 (mezzi di protezione occhi), o UNI EN 374 (guanti).

Sono comunque consigliabili aspiratori, in caso di formazione di fumi e schermi protettivi per le operazioni che provocano schizzi

8.3 Misure d'igiene:

- Non respirare nebbie o vapori. Evitare il contatto con la pelle e con gli occhi
- Non tenere stracci sporchi nelle tasche
- Non mangiare, bere o fumare con le mani sporche. Lavare le mani prima di andare in bagno
- Non pulire le mani con stracci sporchi o unti. Lavare le mani con acqua e sapone: non usare solventi o altre sostanze irritanti e sgrassanti
- Cambiare gli abiti se sono sporchi, e in ogni caso a fine turno di lavoro

9. Proprietà chimico-fisiche

| | |
|--|-------------------------------------|
| Aspetto, colore | solido, marrone scuro o nero |
| odore | caratteristico |
| Densità (solido) 25°C, kg/m ³ | 990 - 1100 |
| Densità (liquido) 200°C, kg/m ³ | 850 - 1000 |
| Solubilità in acqua | non solubile |
| pH | non applicabile |
| Proprietà ossidanti | N. A. |
| Velocità di evaporazione | N. A. |



| | |
|--|----------------------------|
| Tensione di vapore | Trascurabile |
| Temperatura di fusione o cambio stato (°C) | 35-55 |
| Punto di ebollizione (°C) | > 250 |
| Densità relativa vapori (aria=1) | > 1 |
| Punto di infiammabilità (°C) | > 230 |
| Temperatura di autoaccensione (°C) | > 300 |
| Solubilità in solventi organici | Solubile o parz. solubile. |
| Log Po/w | > 6 |

10. Stabilità e reattività

Il prodotto è stabile nelle condizioni previste di impiego

Condizioni da evitare: Un riscaldamento eccessivo a temperatura al di sopra di quella consigliata provoca alterazioni del prodotto e lo sviluppo di fumi infiammabili

Materiali da evitare:

Evitare il contatto del prodotto fuso con acqua o altri liquidi.

Evitare il contatto con sostanze ossidanti.

Evitare la contaminazione degli isolanti termici con olio o bitume. Se necessario, sostituire l'isolante con un tipo non poroso. Un materiale fibroso o poroso impregnato di bitume o di fumi condensati, può andare incontro a fenomeni di autoriscaldamento e autoaccensione anche a temperature minori di 100 °C.

Prodotti pericolosi di decomposizione.

Negli spazi confinati può accumularsi idrogeno solforato (gas tossico)

11. Informazioni tossicologiche

Tossicità acuta

LD₅₀ orale : superiore a 5 g/kg (*)

LD₅₀ cutanea : superiore a 5 g/kg (*)

LC₅₀ inalatoria : non applicabile

(*) per estrapolazione dai dati relativi a prodotti petroliferi dello stesso tipo

Non irritante per la pelle né per gli occhi.

I fumi del prodotto riscaldato possono causare una leggera irritazione alle vie respiratorie e degli occhi.

Sensibilizzazione: Il bitume non è classificato come sensibilizzante.

Tossicità cronica

Le informazioni disponibili non indicano che l'esposizione al bitume tal quale o ai suoi fumi abbia effetti dannosi nel tempo. Si considera che il prodotto non presenta pericoli di tossicità cronica.

In ogni caso, nelle normali condizioni di applicazioni, è presumibile che il contatto diretto con il bitume sia estremamente limitato date le alte temperature di manipolazione. Le normali misure di sicurezza limitano quindi gli eventuali rischi cronici.

Il bitume non è classificato pericoloso secondo i criteri previsti dall'Unione Europea. Il bitume contiene quantità molto piccole di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) a 4-6 anelli condensati, dell'ordine di alcuni mg/kg per ciascuno degli individui chimici: tuttavia nel bitume tal quale, tali IPA non sono da considerare come biodisponibili. Ciò potrebbe non essere più vero nel caso in cui il bitume sia utilizzato in miscela con altre sostanze quali, ad esempio, solventi.



12. Informazioni ecologiche

Il prodotto non è solubile in acqua. Non viene attaccato apprezzabilmente dai microrganismi e non determina una considerevole domanda biologica di ossigeno

Il prodotto non ha effetti dannosi sull'ambiente acquatico e sulle piante. Ha una mobilità nel suolo estremamente bassa. Tipicamente affonda nel sedimento acquatico, anche se questo potrebbe non avvenire in alcune circostanze particolari.

Bioaccumulazione

Anche se i costituenti del bitume hanno valori di log Kow > 6, e quindi sono potenzialmente bioaccumulativi, essi hanno anche una solubilità estremamente bassa e un alto peso molecolare. Per questo non sono da considerare biodisponibili e hanno una possibilità di bioaccumulazione limitata

Utilizzare secondo buona pratica lavorativa evitando di disperdere il prodotto nell'ambiente.

13. Considerazioni sullo smaltimento

Prodotto:

Non scaricare sul terreno né in fognature, cunicoli o corsi d'acqua. Per lo smaltimento attenersi al D.Lgs n° 22 del 5/3/97 e normativa collegata.

Codice CER 05 01 17 (Direttiva 9 aprile 2002)

Nota: Questo codice è fornito a scopo orientativo, sulla base della caratteristiche del prodotto e dell'uso previsto. La responsabilità dall'attribuzione del codice corretto è solo dell'utilizzatore finale, sulla base dell'uso effettivo del prodotto e di eventuali inquinamenti o alterazioni.

Contenitori: Consegnare a smaltitori autorizzati. Non forare, tagliare, smerigliare, saldare, brasare, bruciare o incenerire i contenitori o i fusti vuoti non bonificati.

14. Trasporto

Il prodotto è classificato solo se è trasportato fuso a temperatura > 100 °C (ma inferiore al suo flash point). In questo caso:

Denominazione ADR: "**LIQUIDO TRASPORTATO A CALDO, N.A.S. (BITUME FUSO)**"
Numero ONU : 3257

| | | | |
|--------------|--|--------------------------|--------------------------|
| R.I.D./A.D.R | classe 9 | Num. KEMLER: 99 | Packing group III |
| I.A.T.A. | TRASPORTO | VIETATO | |
| I.M.D.G. | classe 9 | Packing group III | Amdt 30-00 |
| | (Riferimenti: EmS 4.1-04, MFAG 8) | | |

Se la temperatura di trasporto è inferiore a 100°C (e al flash point), il prodotto non rientra in nessuna classe di pericolo ADR, IATA, IMDG.

15. Informazioni sulla regolamentazione

D. Min. Salute 14/06/2002 e D.Lgs 65/03 e normativa nazionale collegata, relativi alla classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze e preparati pericolosi (Direttive 1999/45/CE, 2001/59/CE, 2001/60/CE): NON APPLICABILE.

| | |
|------------|---|
| DPR 303/56 | "Norme generali per l'igiene del lavoro" |
| DPR 547/55 | "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro" |
| DPR 336/94 | "Tabella delle malattie professionali nell'industria" |



DLgs 626/94, "Attuazione delle Direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 242/96 e 25/02 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro".

16. Altre informazioni

- 16.1 Non utilizzare il prodotto per scopi diversi da quelli indicati. In tale caso l'utilizzatore può essere esposto a pericoli non prevedibili.
- 16.2 Testo delle frasi di rischio citate nelle altre sezioni della scheda:
Nessuna
- 16.3 Scheda conforme alle disposizioni del Decreto del Ministero della Salute 7 Sett 2002 (direttiva 2001/58/CE)
-

Le informazioni qui contenute si riferiscono soltanto al prodotto indicato e possono non valere se il prodotto viene usato in combinazione con altri od in lavorazione. Tali informazioni sono al meglio di quanto in nostro possesso alla data **OTTOBRE 2003**

Conclusioni

- Numerose applicazioni
- Continua evoluzione tecnologica
- Limitati rischi sulla salute