

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DEI TRASPORTI

CORSO DI AGGIORNAMENTO PER I DIPENDENTI AGIP

BRUNA FESTA

I BITUMI ORDINARI

APRILE 1995



D.I.T.



I BITUMI (*)

I leganti usati nelle miscele stradali possono suddividersi in due differenti famiglie: le miscele organiche e le miscele idrauliche (cementi, calci idrauliche, ecc.).

Soffermandoci sulla prima categoria, le miscele organiche comprendono i leganti a base di bitume sia puro che additivato con polimeri, cioè:

- i bitumi e i catrami puri;
- i bitumi fluidificati e flussati;
- le emulsioni bituminose;
- le miscele catrame bitume.

Alla famiglia dei leganti organici fanno parte, infine, miscele costituite da soli polimeri che possono essere utilizzati puri o in associazione con aggregati lapidei.

Il bitume utilizzato in campo stradale è ottenuto mediante la distillazione frazionata del petrolio (bitume artificiale o industriale), ma è anche possibile trovarlo in natura come derivato da un processo di distillazione naturale (bitume naturale) avvenuto nel corso delle ere geologiche.

Nel campo industriale, il bitume viene estratto tramite distillazione diretta (distillazione atmosferica e successivamente sotto vuoto) o con soffiatura di aria sul prodotto in ambiente sotto vuoto fino ad ottenere un materiale di notevole durezza che può essere tagliato con altri prodotti disponibili in raffineria.

Se al bitume vengono aggiunti altri prodotti provenienti dalla distillazione del petrolio o del carbone fossile si possono ottenere bitumi liquidi di tipo rispettivamente fluidificato e flussato.

Secondo le norme ASTM, i bitumi liquidi sono classificabili in base al tipo di solvente ed in funzione della rapidità di evaporazione dello stesso: in tal senso si distinguono bitumi a rapido indurimento (RC), a medio indurimento (MC), e a lento indurimento (SC).

Le emulsioni bituminose consistono in una dispersione di un bitume semisolido (legante idrocarburato) in un secondo non miscibile (ad esempio acqua). Si possono classificare le emulsioni bituminose in base a diversi fattori quali la viscosità, il tenore di bitume, la velocità di rottura, ecc. Per rottura di una emulsione bituminosa si intende la separazione tra bitume e fluido emulsionante.

(*) Alla redazione della presente relazione ha collaborato l'ing. Francesco Ruocco

Nella tabella che segue sono riportate le principali caratteristiche dei bitumi puri per costruzioni stradali secondo le norme CNR 1978.

Tabella 1:
Caratteristiche dei bitumi puri secondo le norme CFR (bollettino n. 68 del 23 Maggio 1978):

| Caratteristiche | unità di misura | B 40/50 | B 50/70 | B 80/100 | B 130/150 | B 180/220 |
|---|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Penetrazione a 25°C | dmm | 40-50 | 50-70 | 80-100 | 130-150 | 180-220 |
| Punto di rammollimento (palla e anello) | °C | 51-60 | 47-56 | 44-49 | 40-45 | 35-42 |
| Punto di rottura (Fraas) massimo | °C | -6 | -7 | -10 | -12 | -14 |
| Duttilità a 25°C | cm | 70 | 80 | 100 | 100 | 100 |
| Solubilità in solventi organici minima | % | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 |
| Perdita per riscaldamento: a 163°C, massima | % | - | - | 0.5 | 1 | 1 |
| a 200°C, massima | | 0.5 | 0.5 | - | - | - |
| Penetrazione a 25°C del residuo della prova di volatilità: valore espresso in percentuale di quello del bitume originario | % | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Punto di rottura del residuo della prova di volatilità, | °C | -4 | -5 | -7 | -9 | -11 |
| Contenuto di paraffina massimo | % | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| Densità a 20/25°C | | 1.00-1.10 | 1.00-1.10 | 1.00-1.07 | 1.00-1.07 | 1.00-1.07 |

Il catrame è ottenuto tramite la distillazione distruttiva o pirogenazione di una sostanza organica: commercialmente per catrame si intende il prodotto ottenuto dalla distillazione del carbone fossile. Un diverso modo per ottenere il catrame è la ricostruzione a partire dalla pece, tramite l'aggiunta di olii di catrame selezionati in modo opportuno.

Il catrame, come i bitumi, è classificabile sulla base della viscosità (classifica STV) o in base alla temperatura di equi-viscosità, cioè la temperatura in corrispondenza della quale il catrame ha una viscosità cinematica di 0.02 m²/s. (classifica ETV).

Oggi la maggior parte delle miscele stradali usano come legante il bitume mentre l'impiego di catrame come legante è stato completamente abbandonato.

LE CARATTERISTICHE DEL BITUME

Il bitume si presenta sotto forma di un liquido viscoso o di un solido amorfo a struttura molto complessa. Esso si considera formato da 3 famiglie di costituenti che non sono rappresentative di entità chimiche definite ma che risultano da differenti processi di separazione della miscela:

- i carboidi e i carbeni (insolubili in tetracloruro di carbonio);
- gli asfalteni (insolubili in normale-eptano, di struttura complessa e condensata);
- le resine e gli olii (solubili nei solventi sopra menzionati). Gli olii e le resine costituiscono i cosiddetti malteni.

La capacità legante offerta dal bitume si esplica in due differenti aspetti: attraverso il legame che si crea tra legante e granuli (adesione) e tra le singole particelle bitumate (coesione). I legami che si vengono a creare devono essere forti per assicurare la resistenza del conglomerato sia a sforzi istantanei che lenti ed a variazioni di temperatura consistenti.

Per assicurare tali caratteristiche bisogna studiare la consistenza del bitume e la sua variabilità con la temperatura.

A temperatura ambiente il bitume si presenta allo stato solido o pseudosolido. Al crescere della temperatura la consistenza diminuisce ed il bitume rammolisce fino a divenire un liquido viscoso. A temperatura bassa il suo comportamento tende a divenire simile a quello dei corpi fragili.

Data la notevole variazione di consistenza, il bitume deve essere attentamente studiato prima di essere adoperato nelle costruzioni stradali partendo dalle fasi di preparazione della miscela. Il comportamento reologico di un buon bitume dovrebbe essere sensibilmente costante nell'intervallo delle temperature di esercizio (da -15°C a $+60^{\circ}\text{C}$), mentre dovrebbe presentare un basso valore della viscosità per temperature prossime a quella di confezionamento della miscela e di posa in opera.

Il comportamento meccanico di un bitume non è influenzato esclusivamente dalla temperatura ma anche dal carattere viscoelastico del materiale: in quanto tale esso è infatti sensibile alla velocità di applicazione dei carichi.

Per conoscere le caratteristiche meccaniche di un bitume non è necessario eseguire un notevole numero di prove di laboratorio per diversi valori della temperatura e della frequenza di applicazione del carico, ma solo alcune di esse sufficienti alla costruzione della "curva maestra" che lega le caratteristiche meccaniche della miscela alla frequenza di applicazione del carico per un fissato valore della temperatura. Per conoscere il comportamento della miscela a diverse temperature e per diversi valori della frequenza occorre applicare il principio di equivalenza temperatura-tempo (detto anche principio di sovrapposizione frequenza-temperatura) che esprime l'equivalenza tra un aumento di temperatura ed un aumento del tempo di applicazione del carico (o una diminuzione della frequenza di eccitazione sinusoidale) e viceversa.

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEL BITUME

Vi sono due maniere per caratterizzare il bitume, uno attraverso i modelli meccanici di funzionamento e l'altro attraverso la curva della funzione di Creep. Le proprietà meccaniche che caratterizzano il comportamento viscoelastico del materiale (E , ν) sono pertanto dipendenti dal tempo di applicazione del carico. Nelle pratiche applicazioni, data la scarsa influenza del coefficiente di Poisson ν sul comportamento delle pavimentazioni stradali, si considera dipendente dal tempo. solo il modulo E .

MODELLI MECCANICI

Si utilizzano vari modelli meccanici per caratterizzare il comportamento del bitume. I modelli sono formati da due elementi di base: una molla ed un ammortizzatore.

Modelli di base

Un materiale elastico è caratterizzato da una molla, come indicato in fig 1a; esso obbedisce alla legge di Hooke per la quale la deformazione è proporzionale alla tensione.

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1)$$

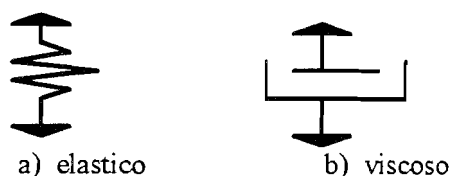


fig.1) modelli meccanici di base per i materiali viscoelastici

Un materiale viscoso è caratterizzato da un ammortizzatore, come indicato in figura 1b. Il suo comportamento obbedisce alla legge di Newton secondo cui la tensione è proporzionale alla velocità di deformazione:

$$\sigma = \lambda \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \quad (2)$$

in cui λ è la viscosità e t il tempo. In condizioni di carico costante si può integrare facilmente l'espressione ed ottenere:

$$\varepsilon = \frac{\sigma \cdot t}{\lambda} \quad (3)$$

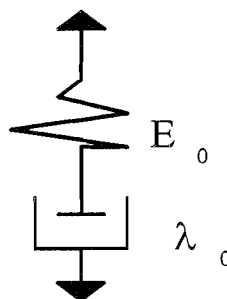


Fig. 2) - Modello di Maxwell

Il modello di Maxwell è la combinazione di una molla e di un ammortizzatore in serie, come riportato in fig. 2. In condizioni di tensione costante, la deformazione totale è la somma delle deformazioni della molla e dell'ammortizzatore e quindi si ha:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_0} + \frac{\sigma t}{\lambda_0} = \frac{\sigma}{E_0} \left(1 + \frac{t}{T_0} \right) \quad (4)$$

in cui $T_0 = \lambda_0/E_0$ è definito "tempo di rilassamento". Il pedice 0 si usa per indicare un modello di Maxwell. Se si applica una tensione σ_0 istantanea al modello, la molla avrà una deformazione istantanea σ/E_0 . Se la deformazione è costante, la tensione gradualmente rilasserà e dopo un lungo periodo di tempo, diventerà zero. Questo può essere dimostrato risolvendo l'equazione differenziale:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{1}{E_0} \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{\sigma}{\lambda_0} \quad (5)$$

Il primo termine del secondo membro è il contributo dovuto alla molla e il secondo termine è quello dovuto all'ammortizzatore. Se la deformazione è mantenuta costante, $\partial \varepsilon / \partial t = 0$, o dopo l'integrazione

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{t}{T_0}\right) \quad (6)$$

Si può vedere dall'equazione che per $t = 0$ si ha $\sigma = \sigma_0$; per $t = \infty$ si ha $\sigma = 0$; e per $t = T_0$ si ha $\sigma = 0,368 \sigma_0$. Conseguentemente, il tempo di rilassamento T_0 di un modello di Maxwell è il tempo richiesto allo stress per ridurre al 36.8% il valore originale. E' più conveniente specificare il tempo di rilassamento che la viscosità, a causa del suo significato fisico. Un tempo di rilassamento di 10

minuti da l'idea che la tensione rilascerà al 36.8% del valore originale in 10 minuti.

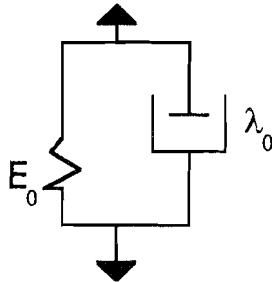


Fig. 3) - Modello di Kelvin

Il modello di Kelvin è una combinazione di molle e ammortizzatori in parallelo, come si vede in fig. 3). L'ammortizzatore e la molla hanno la stessa deformazione, ma la tensione totale è la somma delle due tensioni, cioè:

$$\sigma = E_1 \varepsilon + \lambda_1 \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \quad (7)$$

Se si applica una tensione costante si ha:

$$\int_0^\varepsilon \frac{d\varepsilon}{\sigma - E_1 \varepsilon} = \int_0^t \frac{dt}{\lambda_1} \quad (8)$$

oppure

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_1}\right) \right] \quad (9)$$

in cui $T_1 = \lambda_1/E_1$ è il tempo di ritardo. Si può vedere che quando $t = 0$ si ha $\varepsilon=0$; quando $t = \infty$, si ha $\varepsilon = \sigma/E_1$, o la molla è completamente compressa alla sua deformazione totale ritardata; e per $t = T_1$ si ha $\varepsilon = 0.632\sigma/E_1$. Questo, il tempo di ritardo T_1 di un modello di Kelvin è il tempo che arriva al 63.2% della deformazione totale ritardata.

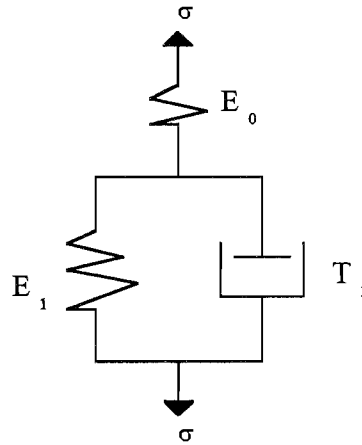


Fig. 4) - Modello di Burgers

Un modello di Burgers: è la combinazione dei modelli di Maxwell a Kelvin in serie, come indicato in figura. Sotto una tensione costante, dalla seguente equazione si evince:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_0} \left(1 + \frac{t}{T_0} \right) + \frac{\sigma}{E_1} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_1} \right) \right] \quad (10)$$

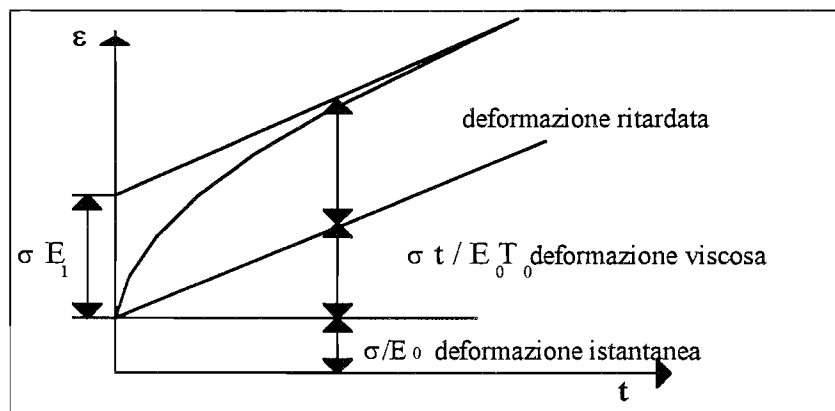


Fig. 4) - Andamento della deformazione nel tempo nel modello di Burgers

La deformazione totale è composta di tre parti: una deformazione istantanea elastica, una deformazione viscosa, ed una deformazione elastica ritardata, come si vede dal diagramma di fig.4). Il modello di Burgers rappresenta qualitativamente bene il comportamento di un materiale viscoelastico. Quantitativamente, un singolo modello di Kelvin, usualmente, non è sufficiente a coprire il lungo periodo di tempo preso dalle deformazioni ritardate per cui potrebbero essere necessari più modelli di Kelvin.

Modello Generalizzato

Un modello generalizzato è un modello costituito da un modello di Maxwell ed un modello di Kelvin combinati in serie. Sotto una tensione costante, la deformazione di un modello generalizzato può essere scritta come

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_0} \left(1 + \frac{t}{T_0} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{\sigma}{E_i} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_i} \right) \right] \quad (11)$$

in cui n è il numero dei modelli di Kelvin. Questo modello spiega l'effetto della durata del carico sulla risposta delle pavimentazioni. Per una sola applicazione del carico, prevalgono le deformazioni istantanee ed elastiche ritardate, mentre la deformazione viscosa è trascurabile. Di contro, per un elevato numero di ripetizioni del carico, l'accumulo delle deformazioni viscosi è causa di deformazioni permanenti

Funzione di Creep

Un altro metodo per caratterizzare i bitumi è lo studio della deformazione in funzione del tempo. Questa funzione è definita come:

$$D(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma}$$

in cui $\varepsilon(t)$ è la deformazione dipendente dal tempo a carico costante

A carico costante, la funzione di Creep è il reciproco del modulo di Young. Per il modello generalizzato può essere espressa come

$$D(t) = \frac{1}{E_0} \left(1 + \frac{t}{T_0} \right) + \sum_{i=1}^n \frac{\sigma}{E_i} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_i} \right) \right] \quad (12)$$

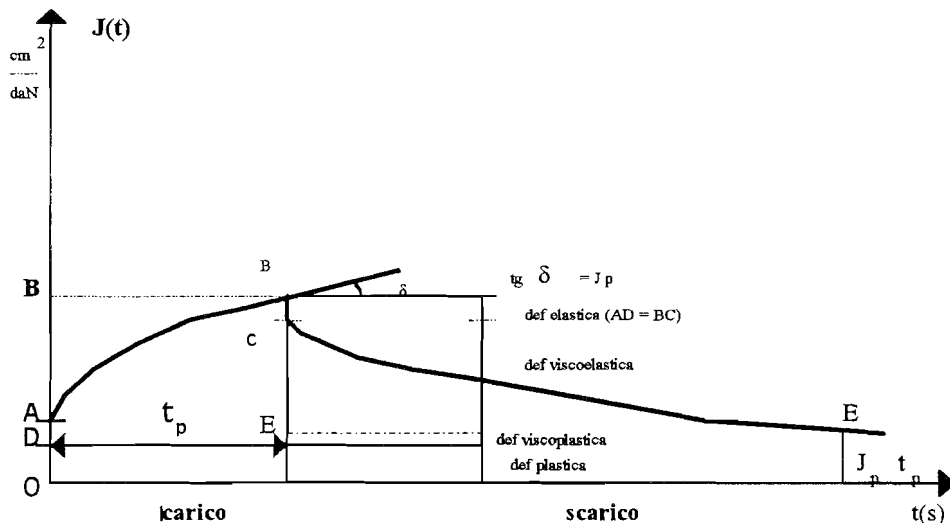


Fig. 5) - Rappresentazione della funzione di creep compliance

LA CLASSIFICAZIONE DEI BITUMI

I bitumi stradali vengono usualmente identificati in funzione della consistenza che essi presentano ad una determinata temperatura o, della temperatura a cui essi raggiungono una data consistenza. Le misure di consistenza sono eseguite in laboratorio con apparecchiature specifiche e secondo criteri standardizzati. Da queste è possibile ricavare i seguenti parametri identificatori del bitume:

1. Penetrazione: essa consiste nel far affondare un ago di acciaio normalizzato, spinto da un peso di 100 gr. e per 5 secondi, in un provino del bitume da classificare, ad una temperatura di 25°C. L'affondamento, espresso in decimi di millimetro rappresenta il valore della penetrazione.

Le norme italiane suddividono il bitume in 8 classi di penetrazione: i bitumi più duri rientrano nella classe di penetrazione 20/30, quelli di più bassa consistenza appartengono alla classe 180/220.

2. Punto di rammollimento: con questo termine si intende la temperatura alla quale uno strato sottile di bitume, opportunamente colato all'interno di un anello di ottone, collocato in acqua e gravato del peso standard di una sferetta di acciaio, si deforma fino a raggiungere un piano inferiore posto a distanza di un pollice dal piano di appoggio dell'anello.

La temperatura dell'acqua è inizialmente di 5°C ed aumenta con un gradiente di 5°C/minuto.

3. Punto di rottura Fraas: consiste nello stendere un sottile strato di bitume dello spessore di 0.5 mm su una piccola laminetta d'acciaio ed introdurla in un vaso Dewar dove viene inflessa, ad intervalli regolari di tempo, mentre la temperatura si abbassa di 1°C/min partendo dalla temperatura di 10°C. Si definisce punto di rottura la temperatura alla quale si verifica la prima fessura della pellicola di bitume.

Sebbene di largo uso e normalizzate in Italia dal C.N.R., queste prove forniscono informazioni necessarie in corrispondenza delle temperature di esercizio delle pavimentazioni. Per queste ragioni si tende attualmente a classificare i bitumi anche in funzione della viscosità.

Il comportamento reologico del bitume al di sopra dei 60°C è sostanzialmente quello di un fluido newtoniano il cui i parametri meccanici sono univocamente definiti dal valore della viscosità. Per temperature più basse la viscosità è funzione della velocità di deformazione: la sua determinazione, infatti, è strettamente legata al tempo di applicazione del carico.

ABACO DI HEUKELOM

Heukelom ha verificato la possibilità di costruire un abaco dove è possibile identificare ciascun bitume in base alla sua suscettibilità termica. I parametri adoperati da Heukelom per identificare tale proprietà della miscela sono la

viscosità, per temperature inferiori a 60°C, e la penetrazione per le temperature inferiori.

Facendo riferimento a detti parametri, ha verificato che la legge ricercata risulta funzione della sola temperatura e non del tempo di applicazione del carico: il bitume, in questo caso, si comporta come un fluido newtoniano oppure viene caratterizzato dalla penetrazione, parametro determinato per un prefissato valore, costante, del carico applicato.

L'autore, su diversi tipi di bitume ha constatato che detti a, b, c, d, 4 diversi valori della consistenza, determinati con i metodi sopra esposti, e T_a , T_b , T_c , T_d le temperature alle quali sono sottoposti i provini, il rapporto $(T_a - T_b)/(T_c - T_d)$ è una costante rispetto al tipo di bitume considerato.

Da questa constatazione, l'autore è riuscito a costruire degli abachi per la determinazione della consistenza in funzione della temperatura del bitume. Gli abachi hanno una scala per le consistenze che ha, come estremo inferiore, la viscosità di 1 poise (a cui compete un valore della consistenza pari a 0), e come estremo superiore la penetrazione di 0.1 mm (a cui è stato attribuito un valore di consistenza pari a 1000 unità).

Se si indicano con T_{1p} e T_{1pen} , le temperature a cui competono rispettivamente le consistenze C di valore 0 e 1000 e con T_x , la temperatura alla quale si desidera conoscere il valore della consistenza, questo può essere individuato dal rapporto:

$$C = \frac{T_{1p} - T_x}{T_{1p} - T_{1pen}} \cdot 1000 \quad (13)$$

I diagrammi che si possono ottenere riportando i valori della consistenza in funzione della temperatura, così come si è visto in precedenza, sono delle spezzate o delle rette: il loro andamento è legato essenzialmente al tipo di bitume analizzato (fig. 5a e 5b).

L'abaco di Heukelom consente di individuare le proprietà fondamentali dei bitumi che interessano nelle applicazioni stradali.

Sono di seguito riportate le proprietà fondamentali che sono richieste ad un buon bitume:

1. Per una buona miscelazione con gli aggregati il bitume dovrebbe avere una bassa viscosità già per valori della temperatura non molto elevati. A tale scopo potrebbe essere conveniente raggiungere una viscosità di 2 poise per valori della temperatura compresi tra 140° e 160°C.
2. Per le temperature massime di esercizio, il bitume dovrebbe avere una viscosità tale da non consentire il rifluimento sulla superficie della pavimentazione o la formazione delle ormaie.
3. Per evitare il problema della fessurazione della pavimentazione a basse temperature, bisognerebbe stabilire dei minimi per il punto di rottura Fraas a seconda del clima del luogo in cui sarà posta in opera la pavimentazione.

Intervenendo sulle caratteristiche del bitume, di cui è nota la curva di consistenza, è possibile ottenere le proprietà elencate precedentemente (o avvicinarsi) migliorando il comportamento della pavimentazione in fase di esercizio, così come illustrato nella fig. 6.

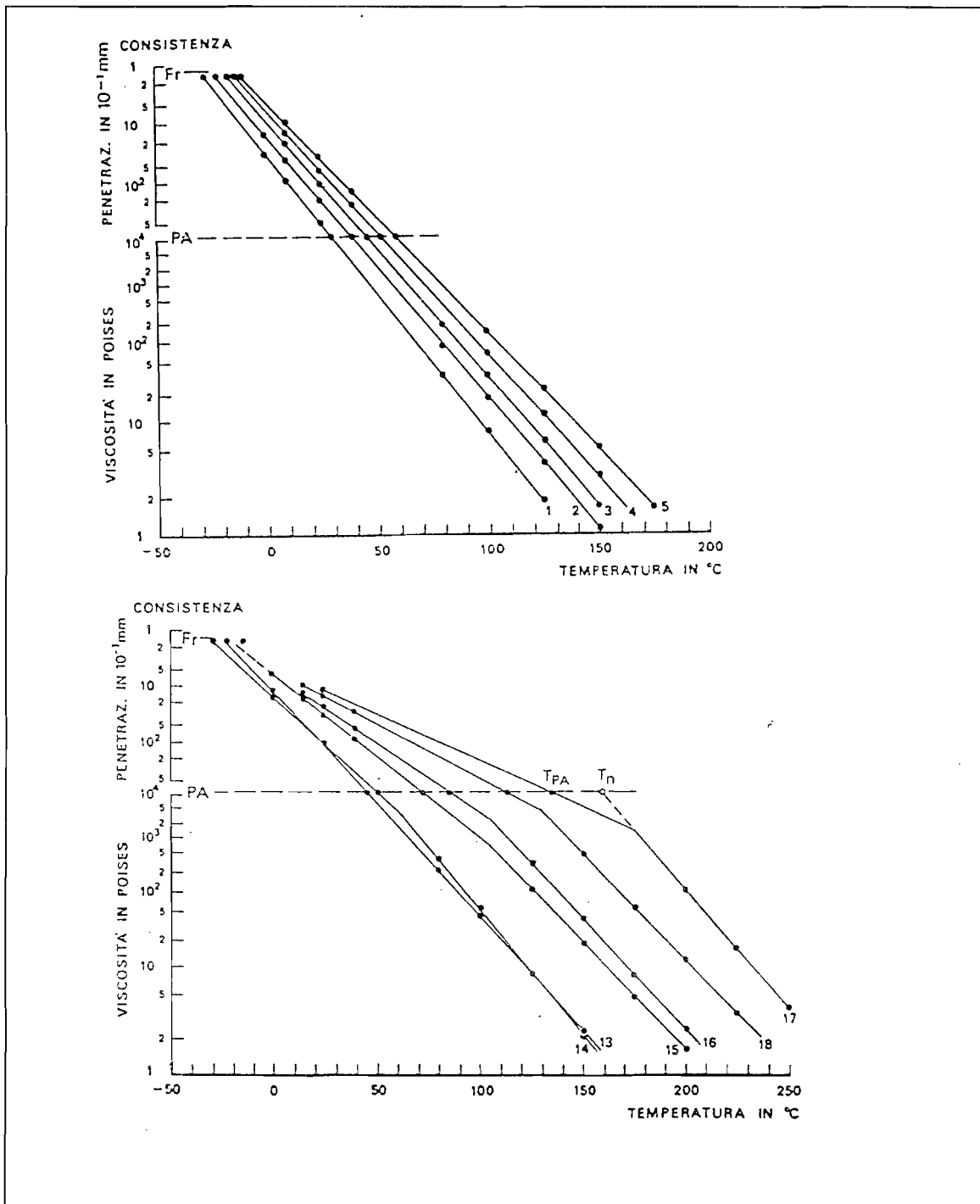


Fig 6: abaco di Heukelom per un bitume derivante da distillazione diretta (fig. 6a) e per bitumi soffiati (fig. 6b).

In essa, le frecce indicano il campo dei valori ottimali della temperatura e della consistenza per le diverse fasi di vita della pavimentazione.

Come si può notare la curva 1 rappresenta un bitume con un comportamento eccellente alle basse temperature ma scadente per climi caldi e condizioni di traffico pesante. Opposto è il comportamento del bitume 2 che per valori di temperatura prossimi allo zero risulta estremamente fragile. La stessa curva ha un valore basso della temperatura di miscelazione e una forte variazione della consistenza al decrescere della temperatura. In tal caso, ad un risparmio di energia in fase di confezionamento della miscela si contrappongono problemi legati al costipamento durante la posa in opera.

La curva 3 (bitume ossidato) rappresenta, infine, un bitume con una buona stabilità per le massime temperature di esercizio e poco fragile anche per bassi valori della temperatura.

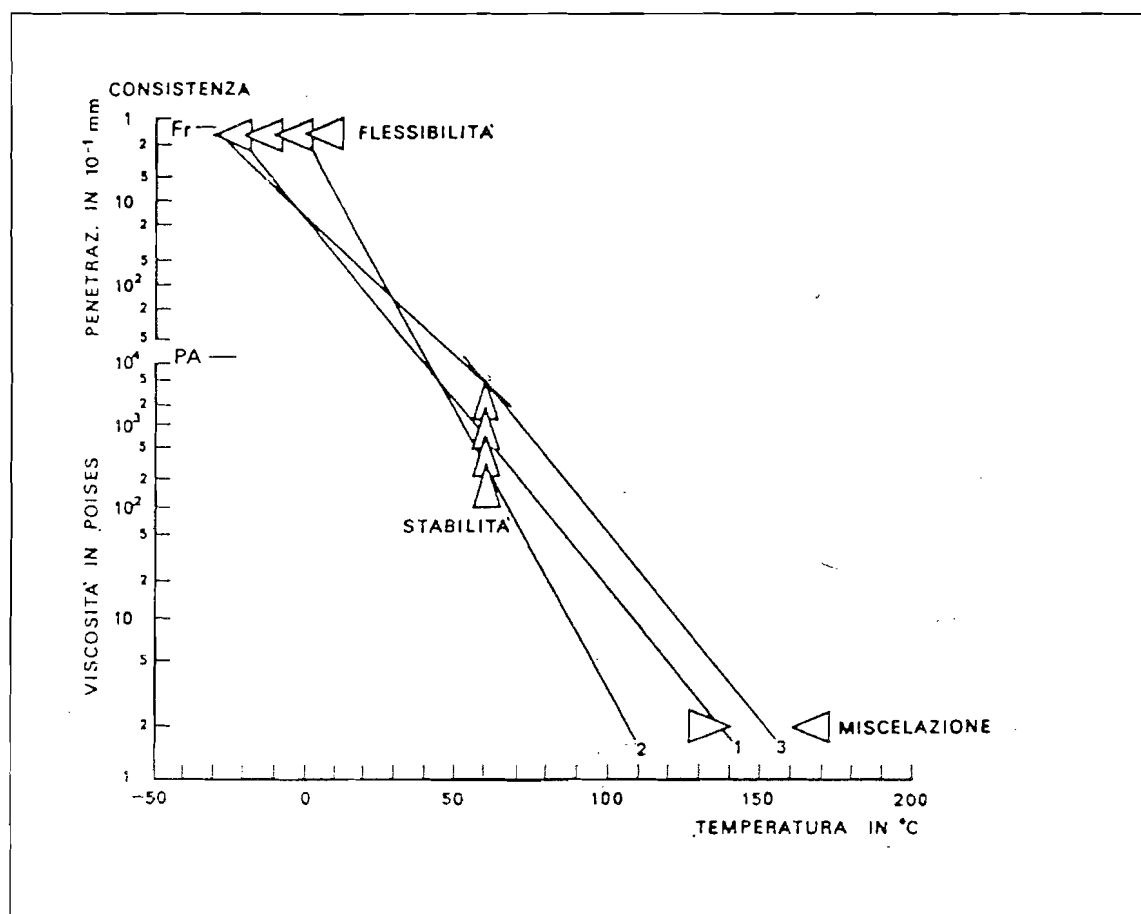


Fig. 7: Comportamento nelle miscele di tre tipi di bitumi illustrato mediante i diagrammi consistenza-temperatura.

INDICE DI PENETRAZIONE E NOMOGRAMMA DI VAN DER POEL

Se si osservano gli abachi di Heukelom, si nota che la consistenza C risulta proporzionale al logaritmo della penetrazione e varia linearmente con la temperatura. Da ciò ne deriva una relazione di proporzionalità diretta tra il logaritmo della penetrazione e la temperatura:

$$\frac{d \log_{\text{pen}}}{d T} = \text{cost.} \quad (14)$$

Da questa relazione è stato possibile definire l'indice di penetrazione IP come:

$$\frac{d \log_{\text{pen}}}{d T} = \frac{\log_{\text{pen } T_1} - \log_{\text{pen } T_2}}{T_1 - T_2} = 0.02 \frac{20 - IP}{10 + IP} \quad (15)$$

Dove T_1 e T_2 sono due valori della temperatura e $\text{pen}T_1$ e $\text{pen}T_2$ le penetrazioni ad esse corrispondenti.

Normalmente, per il calcolo di IP viene utilizzata la temperatura di rammollimento del bitume ($T_1 = T_{pa}$) ed il corrispondente valore della penetrazione, costante, pari a 800 decimi di millimetro. In tal modo la relazione (3) assume la forma:

$$\frac{20 - IP}{10 + IP} = 50 \cdot \frac{\log 800 - \log_{\text{pen } T}}{T_{pa} - T} \quad (16)$$

Questa misura della suscettibilità termica dei bitumi alle basse temperature è stata utilizzata da Van Der Poel per il calcolo del modulo di rigidità del bitume. Questo modulo è definito come:

$$S_b = \frac{\sigma}{\varepsilon(t, T)} \quad (17)$$

in cui σ è la sollecitazione di ampiezza costante applicata per un tempo t , ad una temperatura T , ed ε è la corrispondente deformazione.

L'autore constatò che due bitumi aventi uguale indice di penetrazione IP avevano anche lo stesso modulo di rigidità S_b se sottoposti ad una sollecitazione della stessa frequenza. In base a queste considerazioni costruì un diagramma in cui comparivano le frequenze di carico, una scala di valori della differenza $T_{800} - T_x$ (dove T_x è la temperatura a cui si vuole calcolare il modulo di rigidità S_b) ed una scala di IP che individua la suscettibilità termica.

Congiungendo i valori rappresentativi delle condizioni in cui si troverà la pavimentazione è possibile determinare il valore del modulo di rigidità S_b .

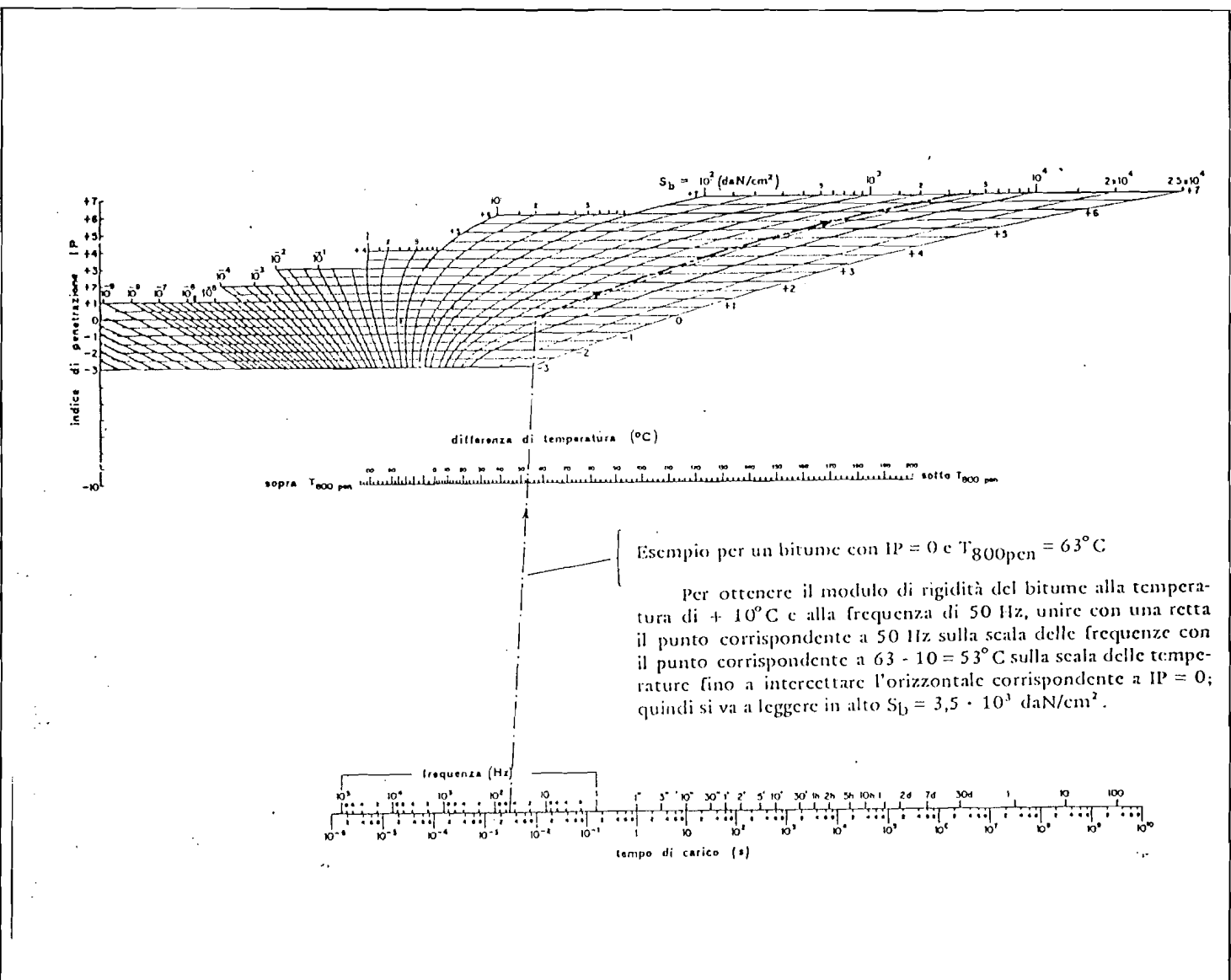


Fig. 8: nomogramma di Van Der Poel

CONTROLLI SUI BITUMI

Le prove che vengono condotte sui bitumi sono finalizzate al controllo delle caratteristiche del materiale. In particolare possono essere distinte come segue:

- controllo della viscosità e della suscettibilità termica;
- controllo della composizione;
- prove tecnologiche e controllo delle impurità;
- prove di adesione.

Al primo punto appartengono tutte quelle prove atte a classificare il bitume (penetrazione, viscosità, punto di rammollimento, ecc.) e di cui si è parlato in precedenza. Al secondo gruppo appartengono le prove di volatilità, la distillazione o, in genere, quelle prove che studiano il comportamento del bitume nel tempo (problema dell'invecchiamento). Il terzo gruppo comprende quelle prove che mettono in evidenza le anomalie presenti nella composizione del legante come, ad esempio, la prova di duttilità, il punto di infiammabilità e la determinazione delle impurità (paraffina, naftalina, zolfo, fenoli, ecc.).

Notevole importanza ha l'ultimo gruppo di prove che consentono di verificare la corretta adesione della pellicola di bitume sulle particelle.

L'adesione del bitume sull'aggregato lapideo presenta due diversi aspetti:

- un'adesione meccanica funzione della capacità da parte del legante di avvolgere l'elemento lapideo;
- un'adesione specifica, funzione delle caratteristiche di bagnabilità dell'aggregato e dalla situazione chimica che si crea tra le superfici a contatto.

I controlli che normalmente vengono effettuati sono classificabili in tre categorie:

1. si rivestono alcuni elementi dell'aggregato in esame con bitume e si immerge la miscela in acqua per un periodo di tempo sufficientemente lungo. Dopo tale periodo si valuta in modo soggettivo (attribuendo al più un "voto") il distacco del bitume dalle particelle in funzione della percentuale di granuli che restano spogliati della pellicola di bitume (TWIT ed ,in parte, la prova di idrofilia);
2. dopo aver rivestito in modo standard l'aggregato si immerge in acqua e si agevola il distacco del bitume scuotendo il recipiente e surriscaldandolo fino all'ebollizione dell'acqua. La valutazione del distacco è effettuata attraverso differenza tra il peso materiale bitumato prima della prova e di quello che resta a prova ultimata (prova Riedel-Weber).
3. Si procede alla misura del rigonfiamento di provini costipati e successivamente immersi in acqua o si effettuano prove di stabilità misurando la caduta di resistenza meccanica del provino prima e dopo l'immersione in acqua.

In Italia le prove di adesione normalizzate dal CNR comprendono una prova l'adesione per i leganti che consiste essenzialmente in una prova di strappo di due prismetti incollati con una pellicola di legante da analizzare ed una prova sull'aggregato detta anche prova di idrofilia. Essa è essenzialmente una prova del tipo descritto al primo punto e valuta il distacco del bitume sia qualitativamente che attraverso differenze di peso.

BIBLIOGRAFIA:

1. Ferrari, F. Giannini, Ingegneria stradale: corpo stradale e pavimentazioni, ISEDI 1989.
2. Giannattasio, P. Pignataro, La caratterizzazione dei conglomerati bituminosi, Scuola di specializzazione, Università degli Studi di Napoli, 1983.
3. Bollettino CNR n. 138, Norme sugli aggregati: prova di spogliamento di una miscela di legante idrocarburato ed aggregati lapidei in presenza di acqua, 1987.
4. Yang H. Huang, Pavement Analysis and Design, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey 1993.