

**SITEBSi srl**

# Rassegna del bitume

**RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE**

ESTRATTO DAL N° **04/87**

**I materiali bituminosi nelle moderne tecniche di impermeabilizzazione  
nell'ingegneria civile**

*Vittorio Castagnetta*

# I materiali bituminosi nelle moderne tecniche di impermeabilizzazione nell'ingegneria civile\*

Vittorio Castagnetta

## INTRODUZIONE

È noto che il bitume reperito allo stato naturale era già impiegato più di 5000 anni fa per il rivestimento impermeabile e protettivo di serbatoi, argini, dighe, ecc., oltre che per la costruzione e manutenzione di strade, ed è sorprendente osservare che alcune di queste opere sono ancora oggi in buono stato di conservazione.

Per quanto riguarda invece i "moderni" impieghi del bitume proveniente dalla raffinazione di greggi petroliferi, bisogna risalire al XIX secolo per ritrovare le prime applicazioni stradali ed al XX secolo per quelle industriali, edili ed idrauliche.

Oggi il bitume è disponibile ovunque su vasta scala, nei quantitativi e nei tipi occorrenti per soddisfare le più diverse esigenze tecniche e tecnologiche, e costituisce uno dei materiali da costruzione più versatile e di più largo impiego principalmente per i seguenti motivi:

- le caratteristiche del bitume e dei suoi composti (adesione e capacità legante, tenacia, impermeabilità, indilavabilità, comportamento reologico, ecc.) sono particolarmente idonee per gli impieghi non solo in *Campo stradale*, ma segnatamente anche nelle *applicazioni edili* (impermeabilizzazione delle coperture, ecc.) e nelle *opere idrauliche* (una vasta gamma di interventi di protezione ed impermeabilizzazione);
- la ricerca, la sperimentazione e le applicazioni si sono progressivamente sviluppate e moltiplicate in campo internazionale negli ultimi 30 anni, consentendo di passare dall'approccio empirico a quello razionale ed integrando infine la casistica dei *materiali bituminosi normali* con quella dei *materiali modificati* (additivati con polimeri sintetici di varia natura e caratteristiche), col conseguente ulteriore sensibile miglioramento delle prestazioni necessario per certi tipi di applicazioni e comunque per le esigenze più **severe**.

Il presente Convegno sul tema "*I materiali bituminosi nelle moderne tecniche di impermeabilizzazione nell'ingegneria civile*" è stato dedicato particolarmente a tre sottotemi relativi rispettivamente alle applicazioni per la *impermeabilizzazione delle costruzioni edili, delle opere d'arte stradali e ferroviarie e delle opere idrauliche*, per fare il punto della situazione esistente in questi settori e, attraverso le relazioni e comunicazioni degli operatori specializzati ed il relativo dibattito, fornire a tutti gli interessati un'occasione di incontro, di informazione e di aggiornamento.

Si riportano di seguito le principali indicazioni emerse per i tre sottotemi trattati, integrate con altre risultanze disponibili in campo nazionale ed estero.

### 1. I MATERIALI BITUMINOSI NELLA IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE COSTRUZIONI EDILI

I sistemi di impermeabilizzazione delle coperture edili con materiali bituminosi sono essenzialmente i seguenti:

- asfalto colato, impastato a caldo ed applicato direttamente in opera;
- sistema multistrato costituito da strati alternati di bitume normale od ossidato (applicato a caldo) e fogli di armatura

(cartonfeltro bitumato o velo vetro bitumato);

- sistema multistrato costituito da strati alternati di emulsione o "pasta" bituminosa (applicata a freddo) e fogli di armatura (velo vetro o garza vetro);
- sistema multistrato costituito da successivi strati di emulsione o "pasta" bituminosa (applicata a freddo), di cui l'ultimo additivato con fibrette di amianto;
- sistema monostrato costituito da emulsione o "pasta" bituminosa e fibre di vetro, applicate contemporaneamente a freddo a spruzzo;

\*Relazione conclusiva del Convegno Nazionale ANCE - FEDERCHIMICA - SITEB "*I materiali bituminosi nelle moderne tecniche di impermeabilizzazione nell'ingegneria civile*": Bologna, 24 Ottobre 1986.

- membrane prefabbricate bitume-polimero (plastomero o elastomero o misto), armate con velo vetro o con non tessuto sintetico (generalmente poliestere), applicate previo leggero riscaldamento della superficie inferiore con cannello a fiamma.

Ulteriori dettagli sulla maggior parte di questi sistemi impermeabilizzanti sono riportati nella relazione *"I materiali bituminosi nella impermeabilizzazione delle costruzioni edili"* dell'Ing. P. Conti e nelle comunicazioni *"Le caratteristiche delle membrane bitume-polimero e gli aspetti normativi"* del Pi. A. Frigerio e *"Impermeabilizzazione con membrane bitume-polimero di una copertura metallica termoisolata a pendenza variabile"* del Pi. A. Ugolini, nelle quali sono trattati anche gli aspetti applicativi e quelli relativi alle normative e raccomandazioni tecniche.

## 2. I MATERIALI BITUMINOSI NELLA IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE OPERE D'ARTE STRADALI E FERROVIARIE

Per questo sottotema, e segnatamente per le applicazioni relative alla impermeabilizzazione degli impalcati di ponti e viadotti, i sistemi impiegati sono principalmente i seguenti:

- asfalto colato, con composizione e caratteristiche particolari, impastato e steso a caldo;
- "Gussasphalt", altro tipo di asfalto colato particolare, idoneo anche come pavimentazione;
- sistema a base di bitume modificato (additivato con resine, gomme e polimeri), preparato in stabilimento, trasportato a piè d'opera allo stato solido, fuso ed applicato a caldo;
- membrane bituminose armate prefabbricate, a base di bitumi miscelati con inerti e plastificanti;
- membrane prefabbricate bitume-polimero (plastomero o elastomero o misto), armate con velo vetro o con non tessuto sintetico (generalmente poliestere), applicate previo leggero riscaldamento della superficie inferiore con cannello a fiamma;
- membrane armate bitume-polimero, realizzate direttamente in opera mediante spruzzatura a caldo del bitume modificato sull'armatura in non tessuto sintetico.

La maggior parte di questi sistemi impermeabilizzanti è descritta in maggiori dettagli nella relazione *"I materiali bituminosi nella impermeabilizzazione delle opere d'arte stradali e Ferroviarie"* del Dott. R. Gagnor e nelle comunicazioni *"L'impermeabilizzazione nelle opere d'arte di ingegneria stradale, \_on particolare riguardo all'impermeabilizzazione di ponti con MBP\* sotto le sovrastrutture in Gussasphalt"* (Esperienze svizzere) dell'Ing. J.P. Junker e *"L'impermeabilizzazione degli impalcati in calcestruzzo sotto l'aspetto applicativo"* dell'ing. G. Macola, nelle quali sono trattati anche gli aspetti applicativi e quelli relativi alle normative e raccomandazioni tecniche.

## 3. I MATERIALI BITUMINOSI NELLA IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE

Per questo sottotema, notevolmente diversificato, giova ri-

chiamare anzitutto i vari campi di impiego suddividendoli in tre categorie:

- opere di ritenuta (dighe, bacini, laghetti collinari, ecc.)
- corsi d'acqua (fiumi, torrenti, canali, ecc.)
- **opere** a mare (argini, moli, scogliere, ecc.).

I materiali bituminosi impiegati in queste opere per la costruzione di rivestimenti impermeabili, oltre che protettivi, riguardano particolarmente le prime due categorie e possono essere a loro volta suddivisi in tre classi:

*materiali che non richiedono il costipamento in opera:*

- bitumi ossidati, per la costruzione di membrane superficiali o protette, realizzate mediante spruzzatura a caldo direttamente sul terreno, con possibili miglioramenti connessi all'impiego alternativo di bitumi modificati;
- emulsioni bituminose caricate ed eventualmente rinforzate, per la costruzione di membrane superficiali su rivestimenti bituminosi o cementizi preesistenti, realizzate mediante la contemporanea spruzzatura a freddo dell'emulsione e delle eventuali fibre di vetro di rinforzo;
- gunite bituminosa, ovvero malta ottenuta con emulsione bituminosa, spruzzata a freddo per realizzare rivestimenti di vario spessore;
- membrane armate bituminose o in bitume-polimero, realizzate direttamente in opera mediante spruzzatura a caldo del legante bituminoso normale o modificato sull'armatura in non tessuto sintetico;
- mastici bituminosi idraulici colabili, composti da sabbia, filler e bitume, prodotti per miscelazione a caldo ed applicati per semplice colamento sia fuori acqua che sott'acqua per il consolidamento e l'impermeabilizzazione di materassi Reno o Armater, pietriscate, mantellate di pietrame, ecc., ovvero per la costruzione di diaframmi interrati;

*materiali che richiedono il costipamento in opera:*

- conglomerati bituminosi "chiusi" ("calcestruzzi bituminosi"), impastati, stesi e rullati a caldo per la costruzione di strati di vario spessore;
- malte bituminose (conglomerati fini di tipo ancora "chiuso"), lavorate come sopra;

*materiali prefabbricati:*

- membrane armate in bitume ossidato o bitume-polimero, di qualche millimetro di spessore;
- lastre armate in conglomerato o malta bituminosa, di qualche centimetro di spessore;
- materassi armati, riempiti con pietrisco e penetrati, consolidati e sigillati con mastice bituminoso colabile, di 10 - 15 cm di spessore.

Anche per questi sistemi, maggiori dettagli sono riportati nella relazione *"I materiali bituminosi nell'impermeabilizzazione delle opere idrauliche"* dell'ing. D. Cazzuffi e nelle comunicazioni *"Impermeabilizzazione del Canale navigabile Milano-Cremona-Po con membrana bituminosa costruita in opera"* del P. e. P. Ripa e *"Impermeabilizzazione del Canale Mantello con membrana bitume-polimero"* dell'ing. S. Montori, nelle

\* Membrana Bitume Polimero

nelle quali sono trattati anche gli aspetti applicativi e quelli relativi alle prescrizioni tecniche.

## CONCLUSIONI

Dal contesto delle risultanze emerse in questo Convegno, si ritiene di poter mettere in rilievo le seguenti principali conclusioni:

### *prodotti bituminosi:*

- i bitumi normali ed i bitumi ossidati hanno dato e continuano a dare un rilevante contributo alla soluzione dei problemi di impermeabilizzazione nelle applicazioni edili, stradali, ferroviarie ed idrauliche;
- i bitumi modificati, ed in particolare i bitumi-polimeri, costituiscono un moderno progresso per la soluzione dei problemi più esigenti e presentano un potenziale applicativo suscettibile di ulteriori rilevanti sviluppi;
- la scelta del prodotto più adatto per ogni applicazione deve essere effettuata in funzione del comportamento necessario nelle condizioni di servizio del materiale finale, e tale comportamento è valutabile attraverso la conoscenza delle caratteristiche del prodotto bituminoso e, segnatamente, la suscettibilità termica (indice di penetrazione di Pfeiffer e Van Doormaal, Allegato 1, estensibile con l'abaco di Heukelom, Allegato 2) in relazione alle temperature minime e massime di servizio, ed il comportamento reologico (modulo di rigidità di Van der Poel, Allegato 3) in relazione alle proprietà meccaniche e strutturali del materiale finito e, in particolare, alle condizioni critiche dovute alle sollecitazioni meccaniche e termiche;

### *sistemi impermeabilizzanti:*

- esiste un'ampia casistica di sistemi impermeabilizzanti nei diversi campi di applicazione, con possibilità di opportuna scelta in ogni caso specifico;
- trattasi solitamente di interventi particolari, che devono essere affidati a progettisti e ad esecutori specializzati;
- per ottenere i migliori risultati, per ciascun sistema è necessaria l'accurata scelta dei materiali, delle tecniche operative e delle condizioni di applicazione.

Per quanto riguarda infine le normative e le prescrizioni tecniche relative ai materiali bituminosi ed ai sistemi impermeabilizzanti, si rileva:

- *nel campo delle applicazioni edili*, le Norme UNI attualmente esistenti e quelle in corso di elaborazione sono atte a definire la qualità dei materiali e, per le membrane, le Direttive UEATC (Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction) possono assicurare il controllo qualitativo dei materiali stessi e dei sistemi impermeabilizzanti, con particolare riferimento alle caratteristiche prestazionali;
- *nel campo delle applicazioni stradali e ferroviarie*, si dispone delle Norme UNI per i bitumi ossidati e di quelle C.N.R. per i bitumi normali (utilizzabili in buona parte anche per i bitumi modificati), per i bitumi liquidi e per le emulsioni bituminose; inoltre, in attesa delle nuove Norme C.N.R. previste per le geomembrane, si può fare riferimento alle Norme UNI ed alle Direttive UEATC citate per le applicazioni edili, con particolari valutazioni connesse alle esigenze delle costruzioni stradali e ferroviarie, oppure ci si può riferire alle prescrizioni tecniche già studiate e sperimentate per questo tipo di costruzioni ed inserite in appositi Capitolati speciali di appalto (p.es. Soc. Autostrade);
- *nel campo delle applicazioni idrauliche* non esistono particolari normative ma, per i prodotti bituminosi normali, ossidati e modificati, sono ancora valide le Norme UNI e C.N.R.; per i sistemi impermeabilizzanti, anche in questo caso ci si può riferire alle prescrizioni tecniche inserite nei Capitolati degli Enti appaltanti (ENEL, Cassa per il Mezzogiorno, Magistrato per il Po, Provveditorati OO.PP, Genio Civile, Consorzi di bonifica, ecc.).

Da quanto sopra richiamato appare lecito concludere che negli ultimi anni - con l'intensificarsi degli studi, delle ricerche, delle sperimentazioni e delle applicazioni da parte dei diversi operatori dei settori in esame - sono stati conseguiti notevoli miglioramenti dei materiali e delle tecniche tradizionali e, in alcuni casi, sono state realizzate importanti innovazioni tecnologiche che, oltre ai risultati già ottenuti, presentano interessanti prospettive di ulteriori sviluppi.

Con il vivo ringraziamento a quanti hanno fattivamente collaborato allo svolgimento di questo Convegno, ed in primo luogo agli specialisti estensori delle relazioni e comunicazioni ed a tutti i partecipanti, l'augurio che questa iniziativa sia proficua per un valido aggiornamento sugli argomenti trattati e possa fornire un utile contributo per l'idonea realizzazione delle opere con la migliore utilizzazione delle risorse tecniche e finanziarie.

## ALLEGATI

### *Suscettibilità termica dei bitumi:*

- 1) Indice di penetrazione di Pfeiffer e Van Doormaal (UNI 4163)
- 2) Abaco di Heukelom ("Bitumen Test Data Chart")

### *Comportamento reologico dei bitumi:*

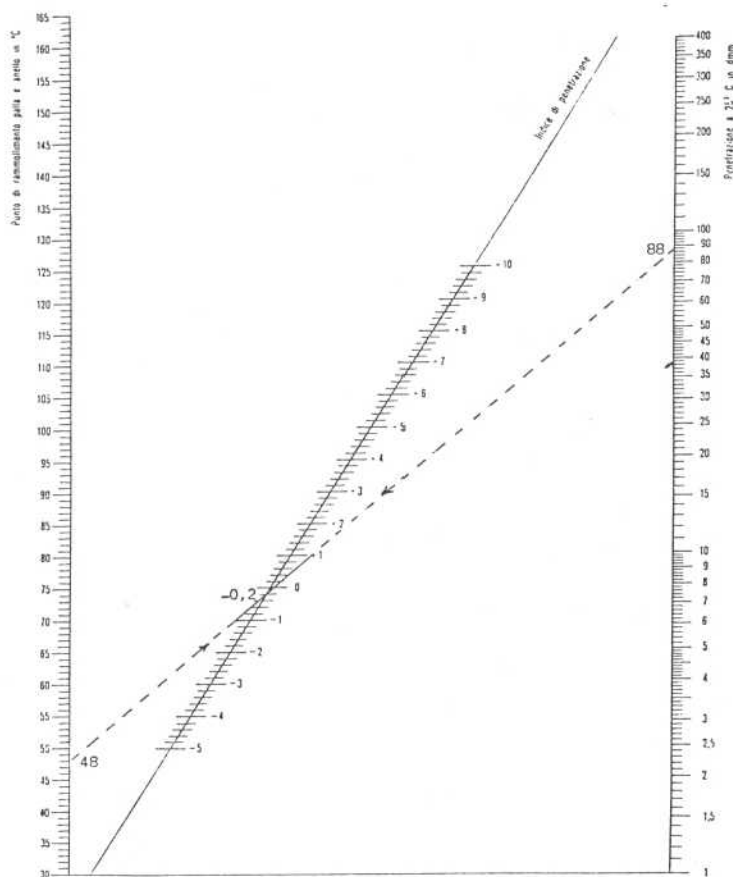
- 3) Modulo di rigidità (*o/e*) di Van der Poel

**INDICE DI PENETRAZIONE DI PFEIFFER E VAN DOORMAAL (UNI 4163)**

$$\text{INDICE DI PENETRAZIONE IP} = 10 \frac{2 - 50a}{1 + 50a} \quad \text{dove} \quad a = \frac{\log 800 - \log \text{penetrazione a } 25^\circ\text{C}}{\text{punto di rammollimento} - 25}$$

Esempio di calcolo: per un bitume normale B 80/100, avente la penetrazione di 88 dmm a 25°C ed il punto di rammollimento di 48°C, si ha:

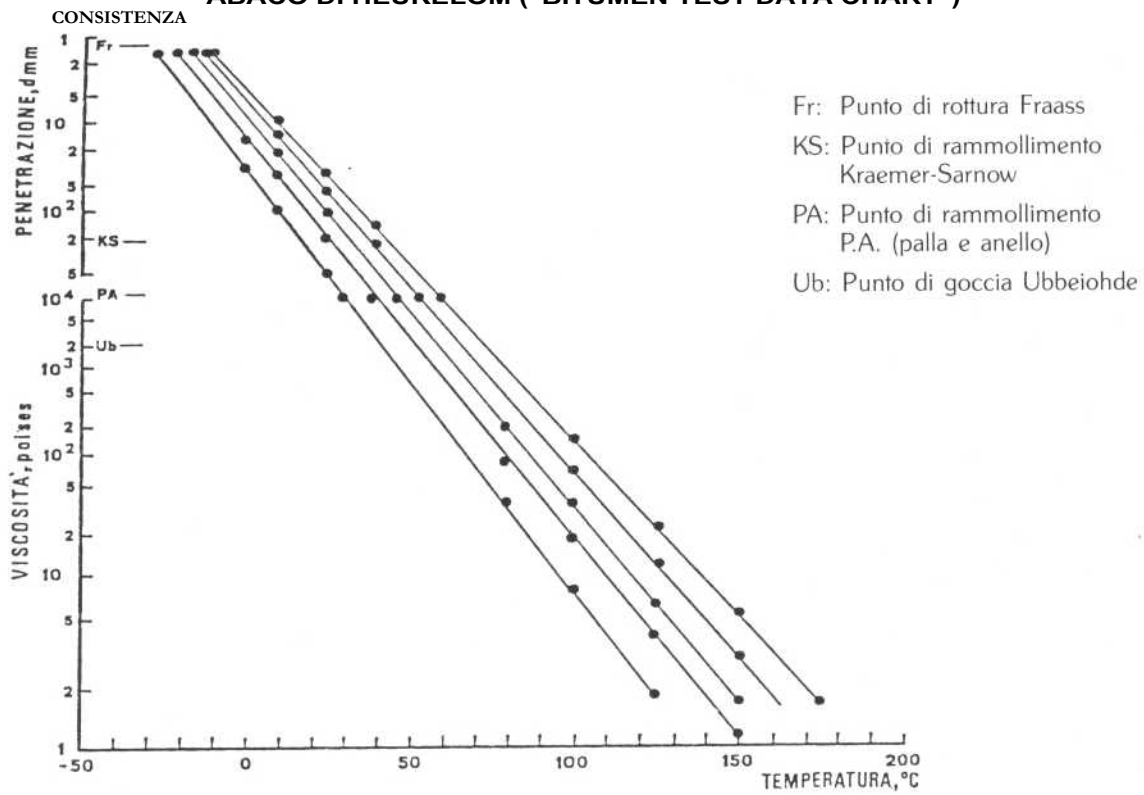
$$a = \frac{\log 800 - \log 88}{48 - 25} = 0,04167 \quad \text{IP} = 10 \frac{2 - 50 \times 0,04167}{1 + 50 \times 0,04167} = -0,27$$

**Nomogramma per ricavare l'indice di penetrazione del bitume secondo Pfeiffer e van Doormaal**


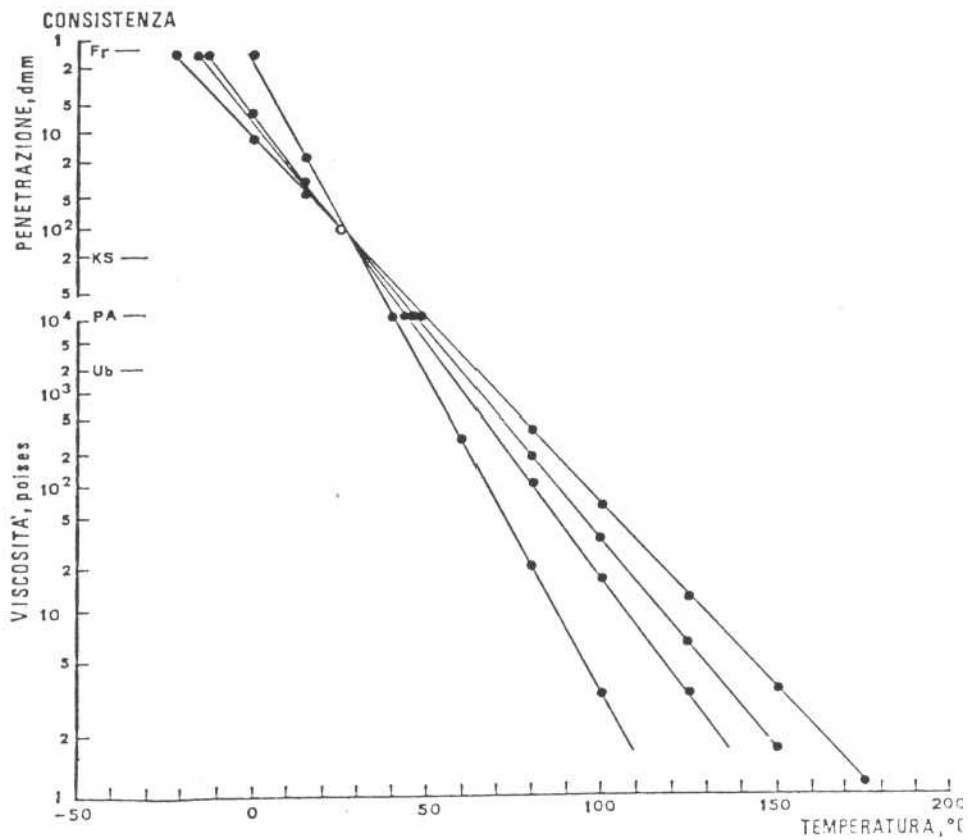
Esempio di determinazione grafica: per lo stesso bitume di cui sopra, congiungendo il punto 88 della scala della penetrazione con il punto 48 della scala del punto di rammollimento, si legge il valore  $\text{IP} = -0,2$  sulla scala dell'indice di penetrazione.

Determinazione dell'indice di penetrazione dei bitumi (per indice di penetrazione si intende un numero convenzionale che serve a classificare un bitume in base alla sua suscettibilità termica).

**ABACO DI HEUKELOM ("BITUMEN TEST DATA CHART")**



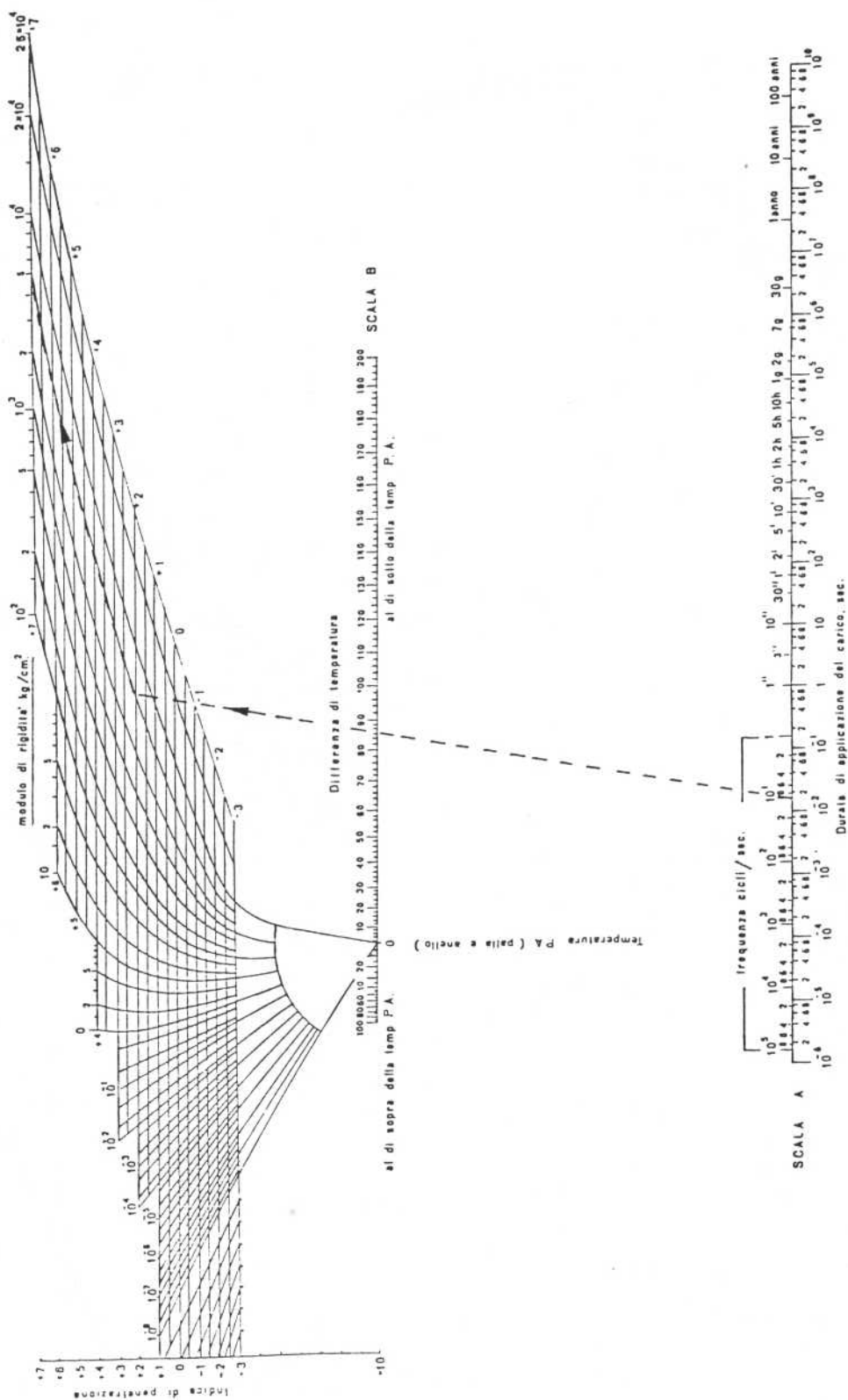
Abaco con linee rette per bitumi di distillazione diretta, di varie gradazioni, provenienti dallo stesso greggio.



Abaco con linee rette per bitumi di distillazione diretta, aventi la stessa penetrazione a 25 °C, ma provenienti da greggi diversi.

**MODULO DI RIGIDITÀ (  $E$  ) DI VAN DER POEL**

MONOGRAMMA PER LA DETERMINAZIONE DEL MODULO DI RIGIDITÀ DEI BITUMI



Esempio di determinazione del modulo di rigidità per mezzo del monogramma.  
 Caratteristiche del bitume in esame: punto di rammolimento 75°C; Indice di penetrazione +2,0.  
 Si vuole trovare il modulo di rigidità alla temperatura di -11°C, per una durata di applicazione dello sforzo pari ad una frequenza di 10 cicli al secondo. Si traccia la retta passante per il punto 10 c/s della scala A e per il punto 86°C, cioè 75 - (-11), della scala B. Si individua l'intersezione di questa retta con quella corrispondente all'indice di penetrazione +2,0. La linea di fuga passante per tale intersezione taglia la scala dei moduli di rigidità in corrispondenza del valore  $5 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ .