

Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara  
Facultatea de Construcții

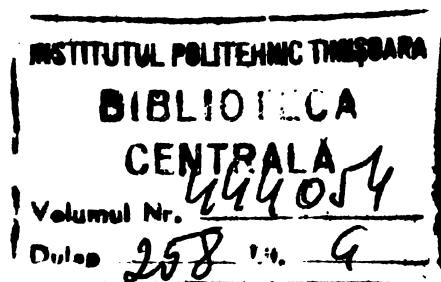
Ing. Dorina Ionescu

CONTRIBUTII LA CARACTERIZAREA COMPARATIVA A  
BITUMURILOR DE DRUMURI CU  $P_{25}=80-120$  1/10 mm  
FABRICATE DIN TITEIURI ROMANESTI, IN VEDEREA  
STABILIRII POTENTIALULUI LOR CALITATIV DE FO-  
LOSINTA RATIONALA LA EXECUTIA IMBRACAMINTILOR  
BITUMINOASE PENTRU DRUMURI

TEZA DE DOCTORAT

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

CONDUCATOR ȘTIINȚIFIC  
Prof.dr.ing. Laurențiu Nicoară



Timișoara, 1981



# C U P R I N S

	<u>pag.</u>
Prefață . . . . .	1
I. CARACTERISTICILE TIȚEIURILOR ROMANEȘTI, MODUL LOR DE PRELUCRARE ȘI TEHNOLOGIA DE FABRICARE A BITURILOR. ANALIZA BITURILOR DIN PRODUC- ȚIA CURENTĂ EFECTUATĂ PE BAZA METODOLOGIILOR ÎN VIGOARE ÎN R.S.R. . . . . .	6
1. Considerații generale . . . . .	6
2. Investigații la rafinării cu privire la carac- teristicile țicleiurilor și a proceselor tehnolo- gice de prelucrare, precum și la fabricarea biturilor de drumuri . . . . .	8
2.1. Țicleiurile prelucrate de rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești, Crișana și Teleajen . . . . .	8
2.1.1. Caracteristicile țicleiurilor și mo- dul lor de prelucrare . . . . .	8
2.1.2. Caracteristicile păcurilor și ale asfalt-masei . . . . .	10
2.2. Fabricarea biturilor la rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești, Crișana și Teleajen . . . . .	12
3. Observații privind calitatea biturilor din producția curentă a fiecărei rafinării, deter- minată pe baza metodologiilor prevăzute de normele în vigoare din R.S.R. . . . . .	15
4. Concluzii . . . . .	18
II. CARACTERIZAREA BITURILOR DIN PUNCT DE VEDE- RE AL COMPOZIȚIEI . . . . .	21
1. Stadiul cercetării privind compoziția bitura- rilor . . . . .	21
1.1. Considerații generale . . . . .	21
1.2. Compoziția elementară . . . . .	21
1.3. Compoziția pe grupe de componente . . . . .	22

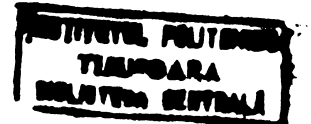
1.3.1. Considerații generale privind influența compoziției asupra comportării . . . . .	25
1.3.2. Metode de separare a grupelor de componente . . . . .	27
1.4. Metode de caracterizare a compoziției bitumului și a grupelor de componente . . . . .	30
2. Metodologia adoptată pentru caracterizarea biturilor fabricate de rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești, Orșana și Teleajen, din punct de vedere al compoziției . . . . .	31
2.1. Schema de cercetare . . . . .	31
2.2. Metode de cercetare a compoziției biturilor . . . . .	31
2.2.1. Determinarea compoziției elementare . . . . .	31
2.2.2. Determinarea compoziției pe grupe de componente și caracterizarea lor . . . . .	32
2.2.3. Determinarea acidității bitumului . . . . .	35
2.2.4. Caracterizarea compoziției prin spectroscopie de absorbție în IR . . . . .	36
2.3. Caracterizarea bitumului prin microscopie electronică . . . . .	37
2.4. Petc Olieensis . . . . .	38
3. Rezultatele privind cercetarea compoziției . . . . .	38
3.1. Compoziția elementară . . . . .	38
3.2. Compoziția pe grupe de componente asamblători . . . . .	39
3.2.1. Compoziție pe grupe de componente asamblători a materiei prime . . . . .	40
3.2.2. Compoziție pe grupe de componente asamblători a bitumului . . . . .	41
3.2.3. Caracterizarea grupelor de componente . . . . .	44
3.2.3.1. Indicii de refracție . . . . .	44
3.2.3.2. Măre moleculară . . . . .	45
3.2.3.3. Spectroscopie de absorbție în IR . . . . .	45

3.2.3.4. Analiza röntgeno- structurală . . . . .	46
3.3. Aciditatea biturilor . . . . .	47
3.4. Caracterizarea compoziției biturilor prin spectrofotometrie de absorbție în IR . .	48
3.5. Caracterizarea biturilor prin micro- scopie electronică . . . . .	48
3.6. Pata Oliensis . . . . .	49
3.7. Interpretarea statistică a rezultatelor analizei compoziției pe grupe de compo- nenți asemănători . . . . .	49
4. Concluzii cu privire la caracterizarea compo- ziției biturilor fabricate din țițeiuri ro- mânești . . . . .	50
III. CARACTERIZAREA DEFORMĂREILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL COMPORTĂRII REOLOGICE . . . . .	55
1. Stadiul cercetărilor privind comportarea reo- logică a biturilor . . . . .	55
1.1. Considerații generale privind structura biturilor . . . . .	55
1.2. Stările structurale ale biturilor ca elemente de caracterizare a comportării . . .	57
1.3. Elemente de caracterizare a comportării reologice a biturilor . . . . .	58
1.3.1. Expunerea comportării bitururi- lor pe baza curbelor de curgere . . . .	58
1.3.2. Susceptibilitatea termică a bi- tururilor . . . . .	62
2. Metodologia adoptată pentru caracterizarea biturilor de la rafinăriile Voja, nr. 1 Ploiești, Crișana și de la sajen din punct de vedere reologic . . . . .	65
2.1. Schema de cercetare . . . . .	65
2.2. Determinarea stării de structură a bitu- rurilor prin indici de caracterizare . . . .	67

	<u>Pagi.</u>
2.3. Determinarea comportării biturilor în condiții de solicitare variabile . . . . .	66
2.4. Determinarea susceptibilității termice. . . . .	67
3. Rezultatele cercetării privind comportarea reologică a biturilor . . . . .	68
3.1. Determinarea structurii prin indici de caracterizare . . . . .	68
3.2. Comportarea biturilor față de condi- ții de solicitare variabile . . . . .	70
3.3. Determinarea susceptibilității termice. . . . .	76
3.4. Caracterizarea comportării reologice a biturilor pe baza curbelor reduse . . . . .	79
4. Concluzii cu privire la caracteristicile de comportare reologică ale biturilor fabrica- te din țiteiuri românești . . . . .	82
<b>IV. CARACTERIZAREA BITURILOR DIN PUNCT DE VE- DERE AL SUSCEPTIBILITĂȚII LA ÎMBĂTRÂNIRE . . . . .</b>	<b>87</b>
1. Stadiul cercetărilor privind susceptibilitatea la îmbătrânire a biturilor . . . . .	87
1.1. Considerații generale . . . . .	87
1.2. Procesul de îmbătrânire . . . . .	88
1.3. Factorii implicați în procesul de îmbătrânire . . . . .	90
1.3.1. Întărirea fizică . . . . .	90
1.3.2. Întărirea chimică . . . . .	90
1.3.3. Întărirea produsă de acțiunile mecanice ale traficului. . . . .	94
1.4. Metode de determinare a susceptibilită- ții la îmbătrânire a biturilor . . . . .	95
2. Metodologia adoptată pentru cercetarea bitu- rilor fabricate de rafinăriile Vega, nr. 1 Fioești, Crișana și Teleajen din punct de vedere al susceptibilității la îmbătrânire . . . . .	98
2.1. Schema de cercetare . . . . .	98
2.2. Determinarea susceptibilității la îmbă- trânire a biturilor pe cale artificială . . . . .	98

	<u>pag.</u>
2.3. Îmbătrânirea naturală . . . . .	99
2.4. Estimarea gradului de îmbătrânire al biturilor . . . . .	99
3. Rezultatele cercetărilor privind suscepti- bilitatea la îmbătrânire . . . . .	100
3.1. Îmbătrânirea accelerată în laborator . . . . .	100
3.2. Îmbătrânirea naturală . . . . .	104
3.2.1. Caracterizarea biturilor îm- bătrânite din punct de vedere al compoziției . . . . .	105
3.2.2. Caracterizarea biturilor îm- bătrânite din punct de vedere al structurii . . . . .	108
3.2.3. Caracterizarea biturilor îm- bătrânite din punct de vedere al comportării . . . . .	109
3.3. Caracteristicile biturilor extrase din carotele preluate de pe autostrada București - Pitești . . . . .	121
4. Concluzii cu privire la susceptibilitatea la îmbătrânire a biturilor fabricate din șiteiuri românești . . . . .	126
V. CARACTERIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE PREPA- RATE CU BITUR DE LA RAFINĂRIILE VEGA, NR.1 PLOIEȘTI, CRISANA ȘI TELESJEN . . . . .	130
1. Stadiul cercetărilor privind caracterizarea mixturelor asfaltice . . . . .	130
1.1. Considerații generale . . . . .	130
1.2. Tendințele actuale de cercetare ale mixturelor asfaltice . . . . .	131
2. Metodologia adoptată pentru cercetarea mix- turilor asfaltice preparate cu biturile fabricate de rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești, Crișana și Telesjen . . . . .	132
2.1. Schema de cercetare . . . . .	132

2.2. Determinarea caracteristicilor de calitate ale mînturilor asfaltice . . . . .	173
2.2.1. Determinarea comportării la temperaturi sculte . . . . .	174
2.2.2. Determinarea caracteristicilor de deformabilitate plastică . . . . .	174
2.2.3. Determinarea modului de rigiditate . . . . .	175
2.2.4. Determinarea rezistenței la obosală . . . . .	176
3. Rezultatele cercetării privind caracterizarea mînturilor asfaltice preparate cu bitumuri fabricate de reșinurile Vega, nr. 1 Ploiești, Crișana și Teleajen . . . . .	177
3.1. Mînturi asfaltice preparate în laborator. . . . .	177
3.1.1. Agregate minerale și dozaaje . . . . .	178
3.1.2. Rezultatele cercetării . . . . .	179
3.2. Lucrări experimentale . . . . .	179
3.2.1. Dozaaje aplicate la fabricarea mînturilor . . . . .	179
3.2.2. Condițiile de fabricație ale mînturilor asfaltice . . . . .	179
3.2.3. Condițiile de punere în operă a mînturilor asfaltice . . . . .	179
3.2.4. Rezultatele cercetării privind calitatea mînturilor asfaltice realizate în cadrul lucrărilor experimentale . . . . .	180
3.3. Cercetări asupra cannelor preluate de pe autostrada București - Bicești . . . . .	180
4. Concluzii cu privire la caracterizarea mînturilor asfaltice preparate cu bitumuri fabricate din țigăni românești . . . . .	181
Concluzii generale . . . . .	182
Sinteza sintezelor științifice originale ale Colei de Cercetare și Cercetare Economică . . . . .	
Bibliografie	





## P R E F A T A

Programul directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducerea progresului tehnic în perioada 1981-1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000, aprobat de Congresul al XII-lea al Partidului Comunist Român, deschide largi perspective pentru țara noastră socialistă de a se ridica pe cele mai înalte trepte, în toate domeniile vieții economice și sociale.

Promovarea progresului tehnic implică știința ca element ce asigură societății dezvoltarea, iar cercetarea reprezintă instrumentul de soluționare a problemelor legate de treptele de dezvoltare.

În acest context în care sînt antrenate toate ramurile activităților economiei naționale, se integrează și tehnica rutieră ce asigură prin rețeaua de drumuri, realizarea procesului general de dezvoltare în toate colțurile țării.

Necesitatea schimburilor rapide de bunuri a dezvoltat traficul auto și a impus modernizarea rețelei de drumuri.

O rețea de drumuri modernizată, permanent viabilă pe durata de exploatare, indiferent de caracterul traficului rutier asigură transportului de mărfuri și de călători siguranța și confortul în circulație. Cu timpul, lucrările aferente construcției și întreținerii drumurilor au ridicat însă probleme dificile din punct de vedere tehnic și economic întrucît condițiile de exploatare, prin creșterea traficului, au devenit din ce în ce mai severe.

Totuși, prin confortul pe care îl asigură, straturile de rulare din îmbrăcăminte bituminoasă sînt preferate celor din beton de ciment. Capacitatea bitumului de a lega agregatele minerale și de a le da în același timp un caracter nerigid, corespunde mai bine cerințelor moderne impuse de circulația auto și astfel bitumul a devenit un material de caracteristicile cărui este legată preponderent calitatea lucrărilor și respectiv durabilitatea lor în timp.

În plină criză energetică mondială în care petrolul reprezintă în continuare baza de asigurare, bitumul, de care tehnica rutieră nu se poate încă dispensa, a devenit un material scump și

deficitar ce impune o utilizare corelată necesităților de exploatare și cerințelor economice.

Pe de altă parte, extinderea rețelei de drumuri modernizate crescând foarte mult, cantitățile de bitum solicitate de constructor au devenit din ce în ce mai mari, dar rezervele cunoscute de țițeiuri apte a furniza bitumul de drumuri au devenit din ce în ce mai puțin disponibile. Un studiu al Biroului de Mine din U.S.A. asupra a circa două mii de tipuri noi de țițeiuri a arătat că numai 15 % dintre ele au putut fi folosite pentru obținerea bitumurilor de drumuri și în același timp că fiecare exercită o influență directă asupra însușirilor bitumului ca liant pentru drumuri, în funcție de caracteristicile și respectiv originea lui /1/ /2/.

Penuria de petrol nu mai permite însă o selecționare a materiilor prime ci utilizarea oricărei mase reziduale ce este disponibilă și aptă de a furniza un bitum de drumuri.

Față de această situație se impune ca folosirea bitumurilor să fie rațională, dar această folosință implică o cunoaștere adâncită și complexă a caracteristicilor de comportare în raport cu condițiile de exploatare /3/ /4/ /5/.

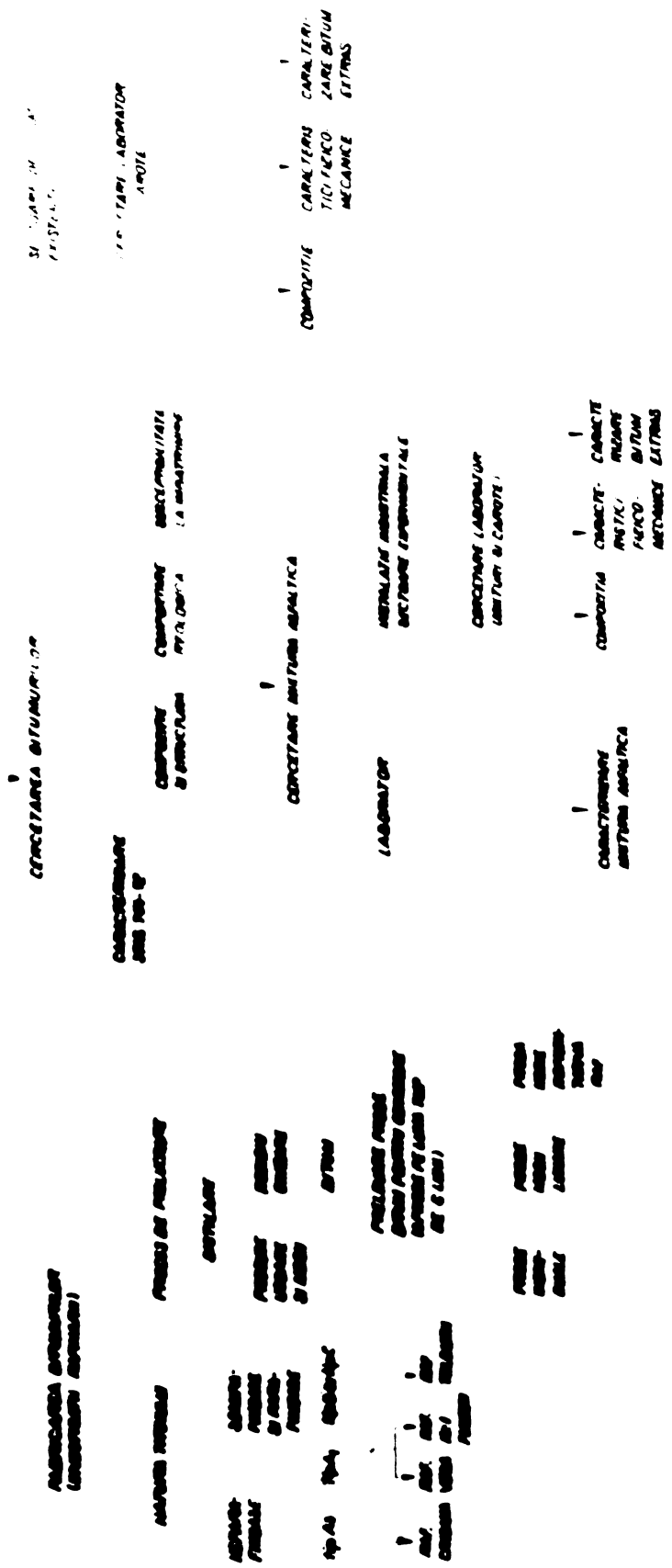
Calitatea diferențiată a țițeiurilor care transmit bitumurilor caracteristici specifice a impus modificarea investigațiilor de rutină prin adoptarea de metode noi de caracterizare.

Abordarea problemei calității în cadrul tezei de doctorat a urmarit să contribuie pe baze științifice la caracterizarea bitumurilor obținute de rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești, Crișana și Teleajen din țițeiuri românești (a căror calitate se stabilește în prezent numai pe baza prevederilor cerute de normele în vigoare) și ca atare urmărește să răspundă imperativelor majore impuse de stadiul actual al progresului tehnic, economic și social din țara noastră.

Cunoașterea calității bitumurilor din punct de vedere rutier reprezintă o problemă larg dezbătută, deoarece complexitatea compoziției constituie un obstacol important în desfășurarea lucrărilor de investigare. Cercetările sînt numeroase și rezultatele promițătoare, dar încă departe de o soluționare deplină.

Pentru țara noastră, ca producătoare de petrol și bitum, cunoașterea calității este de aceeași deosebită importanță ca și în celelalte țări și cercetările propuse în cadrul tezei abordează

**OBJECTIVE**



**SCHEMA GENERALA DE CERCESTARE**

pentru prima dată sub aspect complex problema bitumului de la materia primă de obținerea produsul finit - îmbrăcămintea bituminoasă.

Pentru a putea obține un răspuns întrebărilor în ce măsură bitumurile de tipul cu folosința cea mai largă (cu  $P_{25} = 80 - 120$   $1/10$  mm) fabricate din țițeiuri românești corespund cerințelor de liant pentru drumuri în condiții de exploatare curentă, dat fiind degradările premature ce se produc în straturile rutiere bituminoase, problema a fost tratată sub aspect complex ținându-se seama și de datele puse la dispoziție de rafinării privind țițeiurile utilizate, astfel încât să se poată urmări implicațiile pe care acestea le aduc, prin caracteristicile și modul lor de prelucrare, în calitatea bitumului.

Pentru rezolvarea scopului propus și pentru ca în final rezultatele cercetării să permită stabilirea unei ordini a calității bitumurilor cu rezultatele cele mai bune în exploatare, care să pună bazele unei distribuții raționale în producție, am desfășurat un vast program de studiu și cercetare de laborator și experimentală ce a urmărit:

- a stabili în ce măsură țițeiul din care se obține bitumul și respectiv materia primă rezultată din prelucrarea țițeiului care stă la baza fabricării lui, determină calitatea;
- în ce măsură procesul tehnologic de obținere a bitumului influențează asupra calității acestuia;
- dacă producția curentă a rafinăriilor își menține nivelul calitativ;
- diferențierile de calitate dintre bitumurile fabricate de diferitele rafinării, exprimate prin compoziția și comportarea față de solicitări variabile;
- modificările intervenite în compoziția și comportarea bitumurilor în timpul fabricării mixturilor asfaltice;
- modul în care se reflectă calitatea bitumului în calitatea mixturii asfaltice;
- modul de comportare al fiecărui bitum în condiții reale de exploatare;
- modul cum se reflectă degradarea dintr-o îmbrăcăminte bituminoasă în caracteristicile mixturii asfaltice și caracteristicile bitumului conținut de mixtura asfaltică;

Cercetarea evolutivă a bitumului de drumuri de la materia primă de producere la exploatarea drumului, pe etape (producere, prelucrare în mixtura asfaltică, punere în operă a mixturii asfaltice și darea în circulație) a implicat o metodologie de investigație complexă cu o schemă nouă de abordare a lucrărilor și care să permită caracterizarea oricărei surse noi de bitum pentru lucrările de drumuri care se propune a fi utilizată.

Acest mod de abordare a cercetării constituie o lucrare originală elaborată pentru prima oară în țara noastră și printre primele efectuate pe plan mondial.

Materialul de cercetare a fost sistematizat pe capitole, după cum urmează:

- Cap. I - Caracteristicile țițeiurilor românești, modul lor de prelucrare și tehnologia de fabricare a bitumurilor. Analiza bitumurilor din producția curentă efectuată pe baza metodologiilor în vigoare în R.S.R.
- Cap. II - Caracterizarea bitumurilor din punct de vedere al compoziției
- Cap. III - Caracterizarea bitumurilor din punct de vedere al comportării reologice
- Cap. IV - Caracterizarea bitumurilor din punct de vedere al susceptibilității la îmbătrânire
- Cap. V - Caracterizarea mixturilor asfaltice confecționate cu bitum de la rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești, Crișana și Teleajen

În partea finală autorul prezintă concluziile desprinse cu utilitatea lor practică, menționând necesitatea cercetării complexe a bitumurilor pentru drumuri, întrucât calitatea lor este determinată direct de condițiile de obținere, precum și necesitatea dirijării spre folosință a bitumurilor la lucrări adecvate performanței lor calitative, ținându-se seama în același timp de condițiile climatice și de trafic din exploatare.

Unele din concluziile și recomandările cuprinse în lucrare au fost incluse în propunerile făcute de I.C.P.T.T. pentru revizuirea STAS 794-72 "Bitum neparafinos pentru drumuri" și pentru redactarea "Nomenclatorului de calitate al bitumurilor de drumuri tip 80/120 și 60/70", iar metodologiile noi au fost propuse pentru

extinderea controlului calității biturilor în cercetare sau în cadrul laboratoarelor centrale de drumuri.

X  
X X

Autorul exprimă gânduri de recunoștință și mulțumire celor ce au ajutat la elaborarea tezei de doctorat:

- Ing. Alexandru Ionescu - șef secție Drumuri I.C.P.T.T., exemplu de pasiune profesională care ca un adevărat conducător științific a dirijat cu multă exigență și competență întreaga activitate de cercetare.

- Prof. dr. ing. Laurențiu Nicoară, conducător științific și sfătuitor apropiat care a încurajat și îndrumat prin înalta competență în domeniul drumurilor, efectuarea lucrărilor științifice și materializarea rezultatelor obținute în aplicații practice valoroase pentru utilizarea lianților bituminoși în executarea straturilor rutiere bituminoase.

- Catedrei de Drumuri și Căi Ferate din cadrul Facultății de Căi Ferate, Drumuri, Poduri și Geodezie și Institutului Politehnic București, sub îndrumarea cărora a promovat examenele și referatele de specialitate.

- Colectivului alături de care s-au întreprins lucrările de laborator și experimentale ce au permis desprinderea aspectelor de noutate care caracterizează teza de doctorat.

C A P I T O L U L I

CARACTERISTICILE TITEIURILOR ROMANESTI,  
MODUL LOR DE PRELUCRARE SI TEHNOLOGIA  
DE FABRICARE A BITUMURILOR. ANALIZA BI-  
TUMURILOR DIN PRODUCTIA CURENTA EFECTU-  
ATA PE BAZA METODOLOGIILOR IN VIGOARE  
IN R.S.R.

CAP. I CARACTERISTICILE ȚIȚEIURILOR ROMANEȘTI,  
MODUL LOR DE PRELUCRARE ȘI TEHNOLOGIA  
DE FABRICARE A BITURILOR. ANALIZA BI-  
TURILOR DIN PRODUCȚIA CURENTĂ EFECTU-  
ATA PE BAZA METODOLOGIILOR ÎN VIGOARE  
ÎN R.S.R.

1. CONSIDERAȚII GENERALE

În țara noastră primele cercetări de caracterizare a țițeiurilor au început după 1930, deși R.S.R. se situează printre primele țări producătoare de petrol din lume.

Studiile efectuate de industria petrolieră în perioada 1953-1964 au arătat, pe baza caracteristicilor principale care sînt prezentate în tabelul I.1 (anexa 1) că țițeiurile din cele mai reprezentative zăcăminte exploatare în țară se caracterizează prin conținut redus de sulf și componente grei - rășini și asfaltene - /6/ și că se grupează după caracteristicile de compoziție în neparafinoase sau naftenice, parafinoase și semiparafinoase.

Clasificarea convențională uzuală definește țițeiurile neparafinoase prin tipul A, pe cele semiparafinoase prin tipul B și pe cele parafinoase prin tipul C. Fiecare tip se subdivide în grupe care delimitează țițeiuri cu caracteristici mai apropiate din punct de vedere al compoziției.

Luîndu-se în considerare necesitățile de calitate ale biturilor de drumuri, în fabricația curentă a rafinăriilor se foloseau țițeiurile de tip A.

Creșterea în timp a consumului de bitum de drumuri ca urmare necesităților de extindere a rețelei de drumuri modernizate din țară, a impus sporirea de la an la an a producției rafinăriilor. Deficitul înregistrat la un moment dat în rezervele de materie primă de calitate superioară a determinat valorificarea și a altor produse, cum sînt rezidurile de la prelucrarea țițeiurilor semiparafinoase și parafinoase cunoscute ca necorespunzătoare pentru obținerea biturilor de drumuri.

Preocupările de asigurare a cerințelor au rămas însă continue și actuale pentru industria petrolieră și în ultimii ani s-a recurs la importul de bitum și țiței.



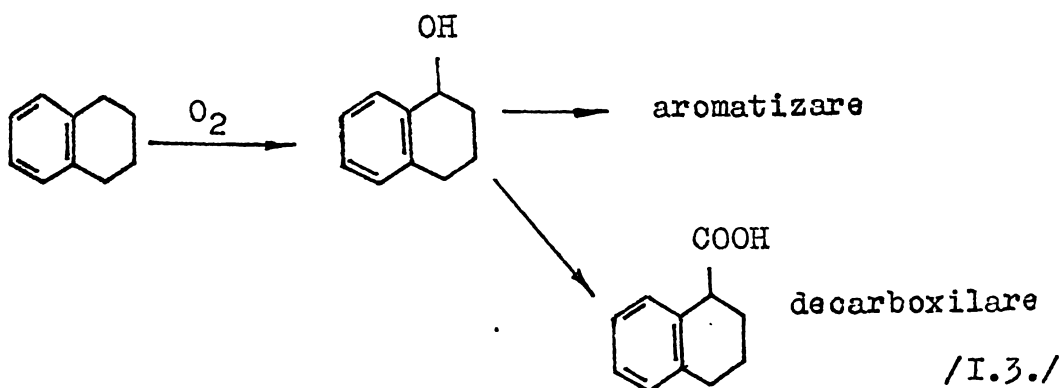
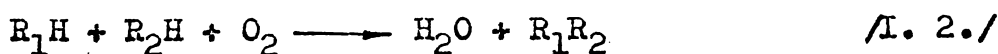
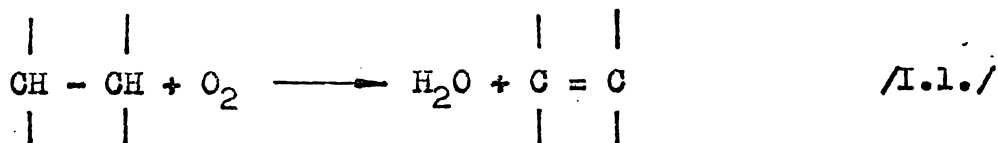
Prelucrarea țițeiurilor pentru obținerea bitumurilor de drumuri, în principiu, este comună.

Conținutul redus în componenți grei ai țițeiurilor menănești a determinat adoptarea procedurii denumit convențional "suflare cu aer" sau "oxidare" deși transformările care au loc în timpul fabricației, respectiv reacțiile chimice predominante care se produc sînt reacții de dehidrogenare și condensare și mai puțin de oxidare /1/.

Dovada existenței procesului de dehidrogenare o face faptul că în timpul reacției rezultă importante cantități de apă, iar oxigenul este reținut în bitum în cantități neînsemnate față de cel introdus în proces.

Seleniul, telurul și vanadiul sînt catalizatori de dehidrogenare.

Reacțiile care au loc în timpul suflării cu aer sînt de tipul:



și în funcție de timpul afectat procesului de oxidare, consistența bitumului poate fi mai ridicată sau mai redusă.

**DEFINIȚII FABRICATE ÎN R.S.R. CU PDS-88... 80%  
DIN TITENI ÎNCHINĂȚI**

**DEFINIȚIA 100%**

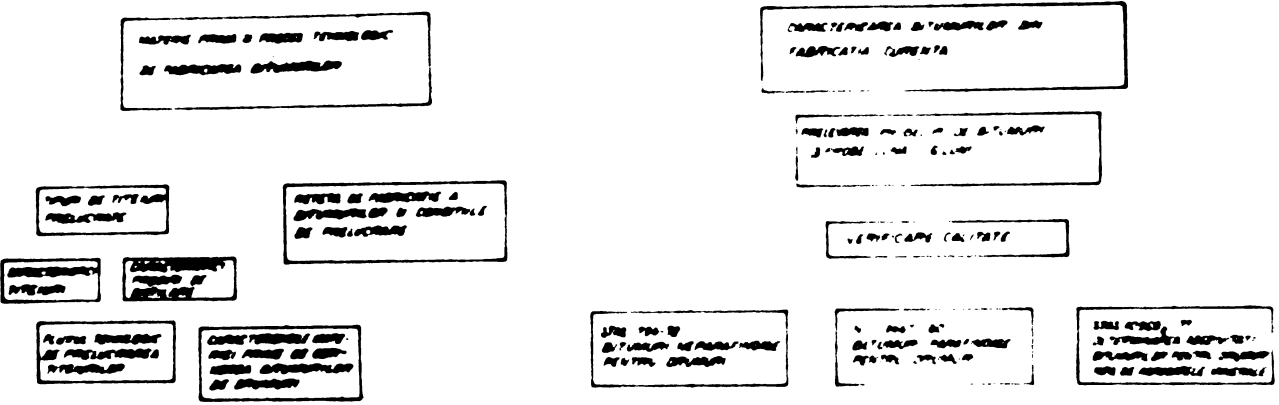
**DEFINIȚIA 80% FLEKSI**

**DEFINIȚIA 0% CREAȘA**

**DEFINIȚIA TELEASTU**

DEFINIȚIA LA DEFINIȚIA

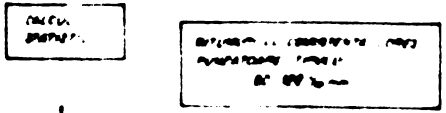
CERCEȚĂRI LABORATOR



**DEFINIȚII**

1. Definiția caracterizată prin conținutul minim de făină în funcție de umiditatea absolută de apă și conținutul minim de proteine în funcție de apă și conținutul minim de gluten.
2. Definiția caracterizată prin conținutul minim de făină în funcție de apă și conținutul minim de gluten.
3. Definiția caracterizată prin conținutul minim de făină în funcție de apă și conținutul minim de gluten și conținutul minim de proteine în funcție de apă și conținutul minim de gluten.
4. Definiția caracterizată prin conținutul minim de făină în funcție de apă și conținutul minim de gluten și conținutul minim de proteine în funcție de apă și conținutul minim de gluten și conținutul minim de proteine în funcție de apă și conținutul minim de gluten.

**CARACTERIZAREA PRODUȘILOR ÎNCHINĂȚI**



DEFINIȚIA LA DEFINIȚIA  
DE A PRODUCȚIA DE...  
DEFINIȚIA DE... DE... DE...

DEFINIȚIA LA DEFINIȚIA  
DE A PRODUCȚIA DE...  
DEFINIȚIA DE... DE... DE...

**Fig. 1. SCHEMA DE CERCETARE**

DEFINIȚIA LA DEFINIȚIA  
DE A PRODUCȚIA DE...  
DEFINIȚIA DE... DE... DE...

## 2. INVESTIGAȚII LA RAFINĂRII CU PRIVIRE LA CARACTERIS- TICILE ȚIȚEIURILOR ȘI A PROCESELOR TEHNOLOGICE DE PRELUCRARE, PRECUM ȘI LA FABRICAREA BITUMURILOR DE DRUMURI

Cercetarea caracteristicilor de compoziție, structură și comportare ale bitumurilor de drumuri fabricate de rafinăriile din țară, a necesitat cunoașterea prealabilă a caracteristicilor țițeiurilor utilizate, a subproduselor, păcură și asfalt masă, cât și a proceselor tehnologice de prelucrare, ca factori importanți implicați în calitatea bitumurilor.

În cele ce urmează se prezintă materialul obținut din investigațiile făcute la fiecare rafinărie, iar în fig. I.1. este înscrisă schema de cercetare adoptată în vederea rezolvării obiectivelor urmărite.

### 2.1. Țițeiurile prelucrate de rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești, Crișana și Teleajen

Rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești, și Crișana prelucrează țițeiuri neparafinoase, iar rafinăria Teleajen toate cele trei tipuri: neparafinoase, semiparafinoase și parafinoase după scheme proprii fiecăreia, în funcție de țițeiul prelucrat și scopul urmărit în realizarea produselor.

#### 2.1.1. Caracteristicile țițeiurilor și modul lor de prelucrare

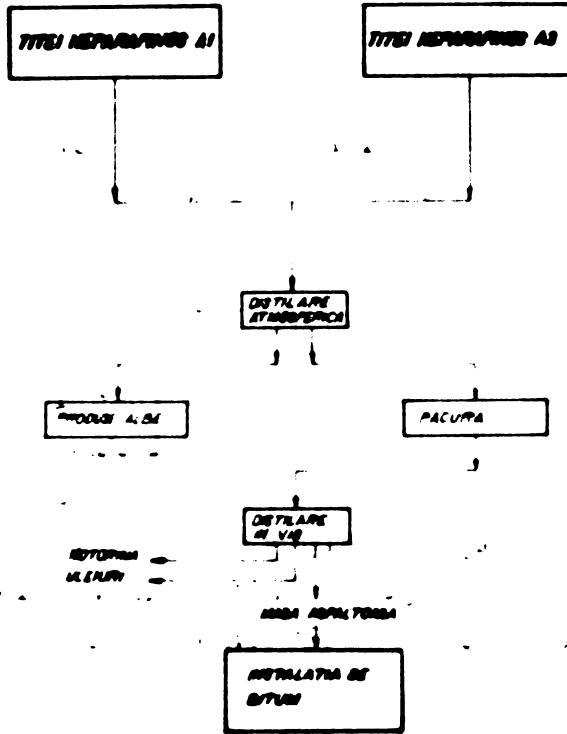
Țițeiurile naftenice sau cele parafinoase sînt caracterizate de condițiile specifice de formare în zăcămint de aceea compoziția lor diferă după schelele sau grupul de schele de extracție.

Fiecare rafinărie prelucrează țițeiuri de la diferite schele, dar totdeauna aceleași.

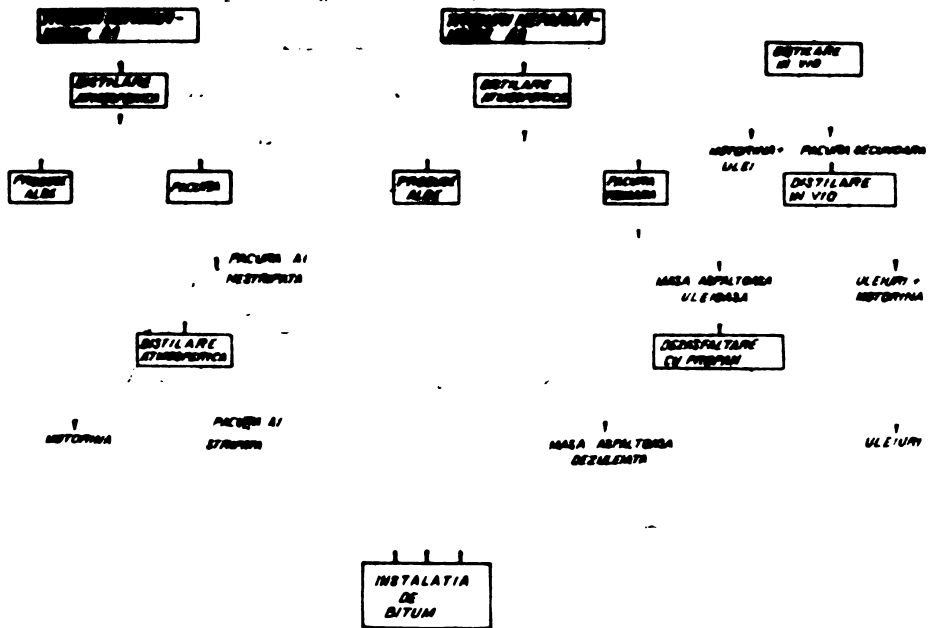
Rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești și Teleajen utilizează amestecuri ce provin de la mai multe schele, iar rafinăria Crișana numai țiței de extracție din zăcămintul de la Suplacul de Barcău. Astfel:

Rafinăria Vega - prelucrează amestecuri complexe de țițeiuri neparafinoase, tipul  $A_1$  și tipul  $A_3$  (aprovizionat de la schelele Oarja, Surani, Băbeni, Băjeasca). Așa cum rezultă din tabelul I.2. (anexa 1), țițeiul tip  $A_1$  se caracterizează printr-o densitate

**FIG.12 PROCES TEHNIC DE FABRICATION BITUMENULUI  
SINTETIC  
SISTEMUL VEGA**



**FIG.13 PROCES TEHNIC DE FABRICATION BITUMENULUI  
SINTETIC Nr. 1 PLONDI**



superioară tipului  $A_3$ . Analiza pe fracțiuni confirmă, prin randamentul mai scăzut în produse ușoare, prezența într-o proporție mărită a componentilor mai grei în țițeiul tip  $A_1$  comparativ cu cel tip  $A_3$ .

Fluxul tehnologic de prelucrare a țițeiurilor și fabricarea bitumului este prezentat în fig. I.2. și arată că țițeiurile se prelucrează în amestec, prima distilare efectuându-se la presiune normală, iar cea de-a doua sub vid.

Rafinăria nr. 1 Ploiești - prelucrează amestecuri de țițeiuri tip  $A_1$  și  $A_3$  alcătuite cu preponderență din țițeiuri selecționate (țiței tip  $A_3$  Cartojani). Datele înscrise în tabelul I.3. (anexa 1) arată că țițeiul tip  $A_1$  este mai fluid, conținutul de produse ușoare atingând valori pînă la 33 %, iar cel de păcură maxim 67 %, în timp ce țițeiul tip  $A_3$  este mai vîscos, produsele ușoare nedeășind 16 %, iar păcura atingînd valori pînă la 84 %.

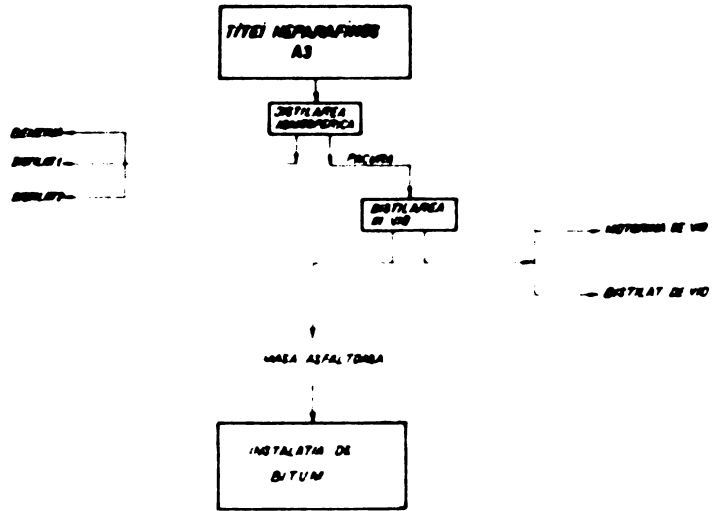
Fluxul tehnologic de prelucrare a țițeiurilor și fabricarea bitumului este prezentat în fig. I.3. și relevă că schema de lucru este mai complexă, întrucît în afara produselor obișnuite de distilare se urmărește obținerea de uleiuri selecționate cu caracteristici de congelare superioare.

Rafinăria Crișana - deși prelucrează un singur sortiment de țiței, tipul  $A_3$ , prin faptul că la extracție sînt aplicate două procedee, extracție directă a țițeiului existent în zăcămint prin presiune proprie și extracție indirectă a țițeiului existent în zăcămint și eliberat din nisipuri prin combustie subterană, în final produsul de prelucrare reprezintă un amestec de două sortimente.

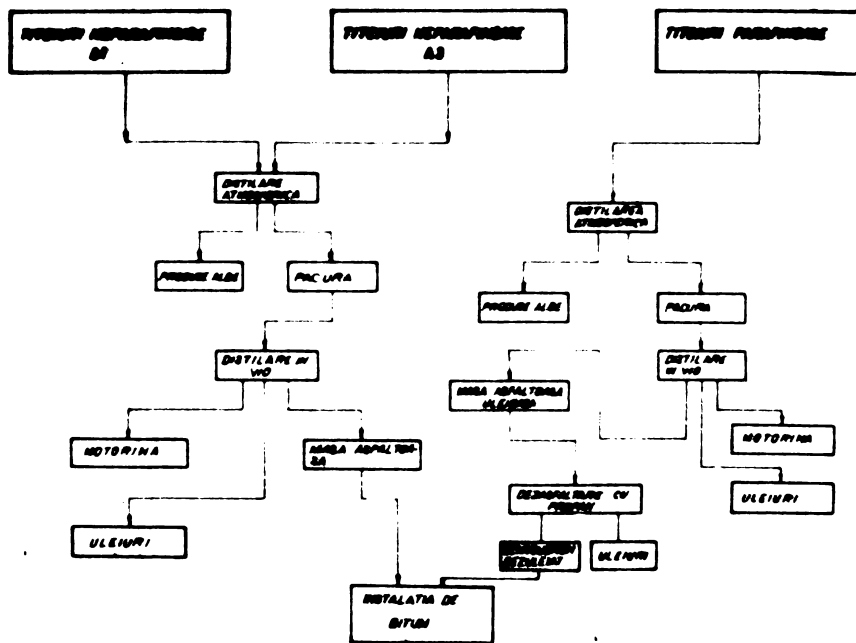
Deoarece raportul dintre ele nu se menține totdeauna constant, caracteristicile produselor intrate la prelucrare în rafinărie nu sînt totdeauna aceleași. Din tabelul I.4. (anexa 1) rezultă că țițeiul prelucrat în 1976, care este mai vîscos, atestă un conținut în păcură pînă la 83 %. Comparativ țițeiurilor prelucrate de celelalte rafinării, în general amestecul prelucrat de rafinăria Crișana se caracterizează printr-o fluiditate mai redusă, densitatea atingînd valori pînă la 0,9591, iar conținutul în benzină grea fiind de maxim 1,7 %.

Fluxul tehnologic de prelucrare, așa cum rezultă din fig. I.4., este continuu pentru toate operațiile.

**Fig. 1.4. PROCES TEHNOLÓGIC DE FABRICAREA BITURILOR  
ASPHALTURII CREAȘTI**



**Fig. 1.5. PROCES TEHNOLÓGIC DE FABRICAREA BITURILOR  
ASPHALTURII TELERENI**



Rafinăria Telcajen - prelucraază așa cum se arată în tabelul I.5 (anexa I, pag. 7) amestecuri complexe de țițeiuri neparafinoase, semiparafinoase și parafinoase rezultate de la diferite schele de extracție. Prelucrarea se face separat numai în ceea ce privește natura neparafinoasă sau parafinoasă a țițeiului.

Provenind din multe surse, țițeiurile tip  $A_3$  se diferențiază unul față de altul. În linii generale tipul  $A_3$  Moșoaia, Videle și Videle-Glavacioc sînt asemănătoare între ele și în același timp asemănătoare cu țițeiul tip  $A_1$ , atestînd densități apropiate și superioare celorlalte bitumuri tip  $A_3$ .

Amestecul de țiței parafinos și semiparafinos se caracterizează prin cea mai redusă densitate și cel mai redus conținut în păcură. Țițeiurile prelucrate își mențin în general compoziția în timp, randamentele de distilare ale subproduselor menținîndu-se în limite apropiate.

Fluxul tehnologic de prelucrare al țițeiurilor și de fabricare al bitumurilor este prezentat în fig. I.5. și arată că în prelucrarea țițeiurilor parafinoase sînt impuse operații suplimentare de deparafinare.

## 2.1.2. Caracteristicile păcurilor și ale asfalt-masei

Păcura rezultată la distilarea în vid a țițeiurilor reprezintă materia primă pentru fabricarea bitumului. Se folosește ca atare sau după prelucrare pentru recuperarea uleiurilor, ca asfalt-pasă.

Caracteristicile sînt determinate de natura țițeiului și de schela de extracție. Pe baza datelor înscrise în tabelul I.6. din anexa I. pag. 10, am putut face următoarele observații:

- păcurile corespunzătoare țițeiurilor tip  $A_1$  și tip  $A_3$  diferă în funcție de schela de extracție prin punctul de congelare și starea de consistentă. Astfel, cele provenite din țițeiul tip  $A_3$  sînt mai puțin vîscoase și atestă puncte de congelare și de inflamabilitate relativ mai scăzute comparativ păcurilor provenite din țițeiul tip  $A_1$ . Din acest punct de vedere păcura corespunzătoare țițeiului  $A_3$  Cartojani este superioară celorlalte și constituie un produs selecționat;

- păcurile provenite din țițeiurile semiparafinoase și parafinoase se caracterizează prin consistență inferioară celor obținute din țițeiuri neparafinoase și atestă puncte de congelare

foarte ridicate.

Asfalt-masa în general nu constituie pentru rafinării o preocupare de caracterizare, ca intrînd direct în fabricația biturilor. Totuși unele caracteristici cum sînt cele prezentate în tabelul I.7. arată că ele se diferențiază de la o rafinăria la alta.

Rafinăria Vega prelucurează un produs fluid (punctul de înmuiere, IB = 30-32°C) în timp ce rafinăria Teleajen unul foarte viscos (punctul de înmuiere, IB = 42-45°C) rezultat din amestecul reziduiilor de la prelucrarea celor două tipuri de țițeiuri neparafinoase și parafinoase.

Caracteristicile asfalt-masei și a păcurilor utilizate la fabricarea biturilor de drumuri

Tabelul I.7.

R a f i n ă r i a						
Nr. crt.	Vega	Nr.1 Ploiești			Crișana	Teleajen
		masă as-faltoasă desule-iată	păcură A <sub>1</sub> nestri-pată	păcură A <sub>1</sub> stripată		
1.	<u>Punct de înmuiere, Inel și Bilă, °C</u>					
	30-32	35-68	-	25-63	18-45	42-45
2.	<u>Penetrația la 25°C, 1/10 mm</u>					
	-	-	-	-	-	160-130
3.	<u>Densitate la 20°C</u>					
	-	-	0,950-0,970	0,970-0,980	-	-
4.	<u>Viscozitate Engler la 50°C, oE</u>					
	-	-	80-100	-	-	-
5.	<u>Punct de congelare, °C</u>					
	-	-	-5...-7	-	-	-
6.	<u>Punct de inflamabilitate, °C</u>					
	-	-	175	240-250	-	-
7.	<u>Conținut în parafină, %</u>					
	1,1-1,3	-	1,2-1,4	1,2-1,5	1,0-1,3	3-4



În cazul rafinărilor Crișana și nr. 1 Ploiești consistența produselor prelucrate variază în limite mai largi astfel că asfalt-masa de la rafinăria Crișana atestă pentru punctul de înmuiere inel și bilă, IB, valori de la 18°C până la 45°C iar cea de la rafinăria nr. 1 Ploiești de la 35°C până la 68°C.

Buletinele de analiză emise de rafinării pentru perioada de la 1 iulie 1975 la 1 iulie 1976 au arătat în linii generale o constanță a compoziției țițeiurilor și a păcurei rezultate. A făcut excepție rafinăria Crișana întrucât păcura prelucrată în anul 1975 a înregistrat o consistență superioară celei prelucrate în anul 1976. Se apreciază că diferențierea de consistență se datorește ne-menținerii unui raport constant la prelucrare, între cele două sortimente de țițeiuri aprovizionate, cel de combustie și cel de extracție.

## 2.2. Fabricarea biturilor la rafinările Vega, nr. 1 Ploiești, Crișana și Teleajen

Natura țițeiurilor și scopul urmărit de fiecare rafinărie în valorificarea subproduselor de prelucrare au condus la obținerea de rezidii de distilare care au impus pentru obținerea biturilor de drumuri adoptarea de rețete și de procese tehnologice adecvate. Astfel:

- la rafinăria Vega, asfalt-masa respectiv rezidiul de la distilarea în vid a păcurilor se caracterizează printr-o consistență redusă și se lucrează ca atare. Oxidarea se face cu aer printr-un proces tehnologic discontinuu, pe șarje. Temperatura de lucru este în medie de 250°C, timpul de oxidare este prelungit ce ajunge adesea până la 30 ore;

- la rafinăria nr. 1 Ploiești, rezidiul ce constituie masa asfaltoasă desuleiată  $A_3$  fiind caracterizat printr-o consistență mai ridicată, în rețetă se adaugă, pentru asigurarea obținerii caracteristicilor cerute biturilor de drumuri, păcură stripată și nestripată, sortimente obținute din țiței tip  $A_3$ , în proporția:

- 15 % masă asfaltoasă desuleiată  $A_3$ ;
- 10 % păcură  $A_1$  nestripată;
- 75 % păcură  $A_1$  stripată.

Oxidarea amestecului se face pe șarje discontinuu, prin barbotare cu aer la temperatura de 280° timp de circa 25 ore;

- la rafinăria Crișana, asfalt-masa este prelucrată ca atare în flux continuu, într-o baterie de 4 vase de oxidare. Temperatura este în jur de 250°C iar timpul de prelucrare de circa 24 ore;

- la rafinăria Teleajen, amestecul de rezidii de distilare, asfalt-masă cu consistență redusă și semigudron desuleiat foarte consistent, se prelucrează în raportul 1:1. Intrucît amestecul final este foarte vâscos, procesul de prelucrare adoptat diferă de al celorlalte rafinării; durata de oxidare este de maximum 10 ore iar temperatura de numai 220°C. Controlul procesului de fabricație din acest motiv se face continuu (la cîte 30 minute) prin analize de laborator. Oxidarea se face cu aer, discontinuu, pe șarje.

În aceste condiții de prelucrare, prezentate în rezumat în tabelul I.8. din anexa I, pag. 12, rafinările realizează bitumurile pentru drumuri a căror calitate este controlată, la livrare, în baza normelor actuale în vigoare.

3. OBSERVAȚII PRIVIND CALITATEA BITUMURILOR DIN  
PRODUCTIA CURENTA A FIECAREI RAFINARII, DE -  
TERMINATA PE BAZA METODOLOGIILOR PREVAZUTE  
DE NORMELE ÎN VIGOARE DIN R.S.R.

În cadrul tezei caracteristicile bitumurilor de drumuri tip D 80/120 și Dp 80/120 le-am determinat pe baza rezultatelor obținute din analiza probelor prelevate periodic de la fiecare rafinărie din producția curentă, timp de 6 luni, cîte 3 probe pe lună, precum și a probelor medii lunare și medii pentru rafinării, preparate în laborator.

Investigarea am efectuat-o în conformitate cu cerințele de calitate prevăzute de normele privind bitumurile pentru drumuri.

Rezultatele obținute, înscrise în tabelul I.9...I.12. (anexa I pag.14-17) m-au condus la concluzia oă:



- bitumurile neparafinoase cu excepția caracteristicilor de adezivitate sînt conforme prescripțiilor, valorile obținute pentru această determinare semnăind că numai bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești respectă condiția tehnică, pentru agregatele minerale din bazalt;

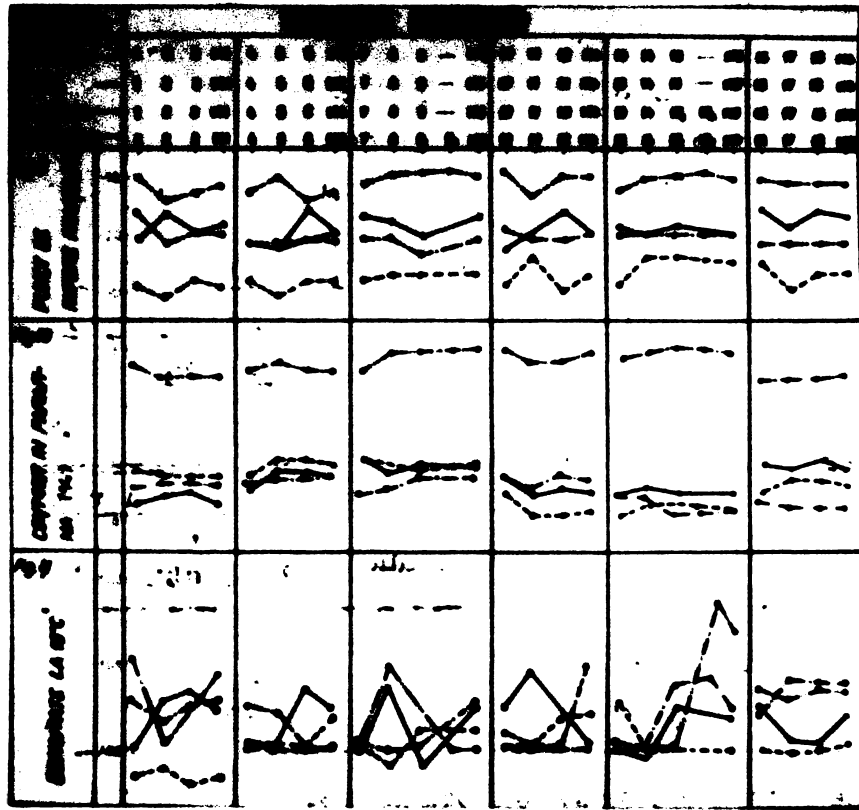
- bitumul parafinos, respectă parțial condițiile tehnice de calitate fiind necorespunzător din punct de vedere al ductilității la 0°C și al punctului de rupere Fraass. Adezivitatea în mod similar bitumurilor fabricate de rafinăriile Vega și Crișana este necorespunzătoare. Interpretarea statistică a rezultatelor obținute pentru determinările cele mai reprezentative mi-a permis să apreciez că rafinăriile pot fabrica cu o probabilitate ridicată bitumuri de drumuri care să se încadreze limitelor condițiilor tehnice de calitate.

Datele înscrise în tabelul I.13 (anexa I, pag. 18) reflectă prin valorile reduse obținute pentru abaterea medie patrată, amplitudinea împrăstierii, a dispersiei și a coeficientului de variație, o omogenitate în producția curentă de bitum a fiecărei rafinării. Această constatare confirmă constanță în calitatea materiei prime prelucrate și respectarea condițiilor de lucru în procesul de fabricație.

Analiza comparativă a rezultatelor obținute mi-a permis, dat fiind numărul mare de probe cercetate și perioada îndelungată de investigare a condițiilor de obținere, să apreciez că bitumurile se diferențiază între ele deși toate se încadrează din punct de vedere al consistenței aceluiași tip.

Pentru a evidenția această constatare rezultatele le-am prezentat în paralel pentru toate rafinăriile sub formă de grafice, în fig. I.6. ... I.15. Alura curbelor de variație stabilește că fiecare rafinărie fabrică bitumuri cu caracteristici proprii, reliefînd influența condițiilor de obținere, materie primă și proces tehnologic. Astfel:

- rafinăria Crișana care prelucrează un țitei mai viscos, a cărui densitate este în jur de 0,95, fabrică bitumuri cu consistență mai ridicată. Penetrația la 25°C se situează așa cum apare în fig. I.8. spre limita inferioară a domeniului prescris de STAS 754-72, în timp ce punctul de înmuiere Inel și Bilă, IB, prezentat în fig. I.6. spre limita superioară.



RAPORTAREA		NUMARUL PROBELOR																															
AL-FIBRINOSI	---	1	2	3	001	4	5	6	002	7	8	9	003	10	11	12	004	13	14	15	005	16	17	18	006	19	20	21	007	22	23	24	008
VEGA	---	1	2	3	001	4	5	6	002	7	8	9	003	10	11	12	004	13	14	15	005	16	17	18	006	19	20	21	007	22	23	24	008
COSIANA	---	1	2	3	001	4	5	6	002	7	8	9	003	10	11	12	004	13	14	15	005	16	17	18	006	19	20	21	007	22	23	24	008
TEI-ADEN	---	1	2	3	001	4	5	6	002	7	8	9	003	10	11	12	004	13	14	15	005	16	17	18	006	19	20	21	007	22	23	24	008
PUNCTE LA PROBA (cm)	---	[Line graphs for PUNCTE LA PROBA (cm) across 28 samples]																															
		[Line graphs for SOLUBILITATE LA 0°C (%) across 28 samples]																															
SOLUBILITATE LA 0°C (%)	---	[Line graphs for SOLUBILITATE LA 0°C (%) across 28 samples]																															

Din datele înscrise în tabelul I.14. rezultă că 96 % din probele analizate atestă pentru penetrația la 25°C valori cuprinse între 80 ... 100 1/10 mm, în timp ce pentru celelalte rafinării procentul probelor situate în acest domeniu este mult mai redus.

Repartiția procentuală a valorilor penetrației la 25°C a biturilor fabricate de rafinăria Crișana

Tabelul I.14.

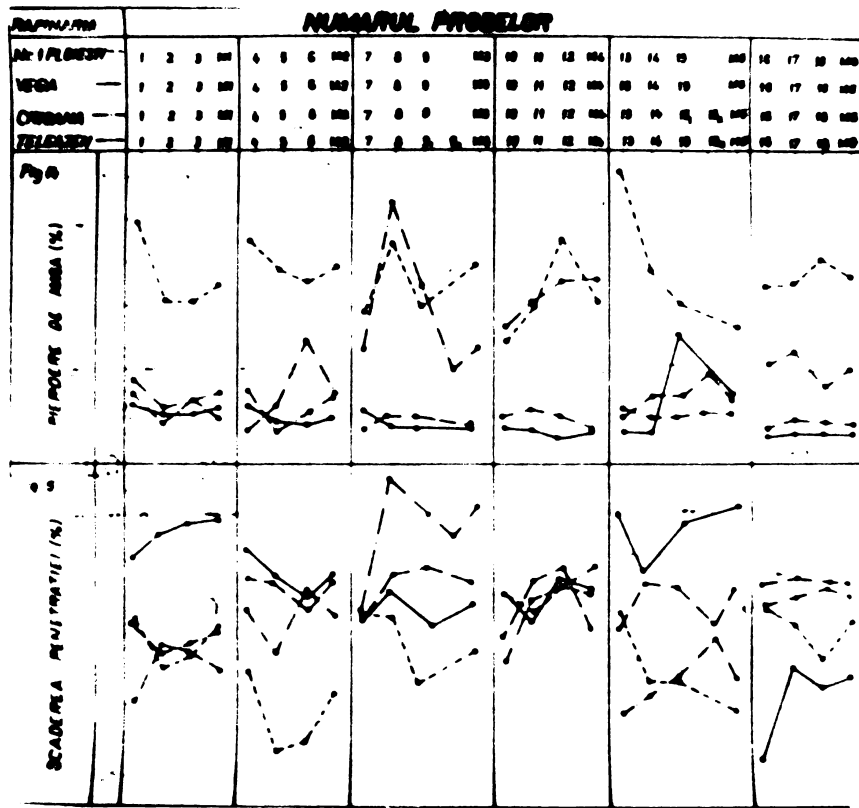
Nr. ord.	Caracteristici	R a f i n ă r i a			
		Crișana	Nr.1 Ploiești	Vega	Teleajen
1.	<u>Penetrația la 25°C</u>				
	80 - 100 1/10 mm, %	96	32	48	40
2.	<u>Punct de înmuiere inel și bilă, IB,</u>				
	46 - 49 °C, %	88	72	40	32

Examinarea procentuală a rezultatelor obținute pentru punctul de înmuiere, tabelul I.14, relevă același aspect, 88 % dintre probele analizate atestând valori între 46 și 49°C.;

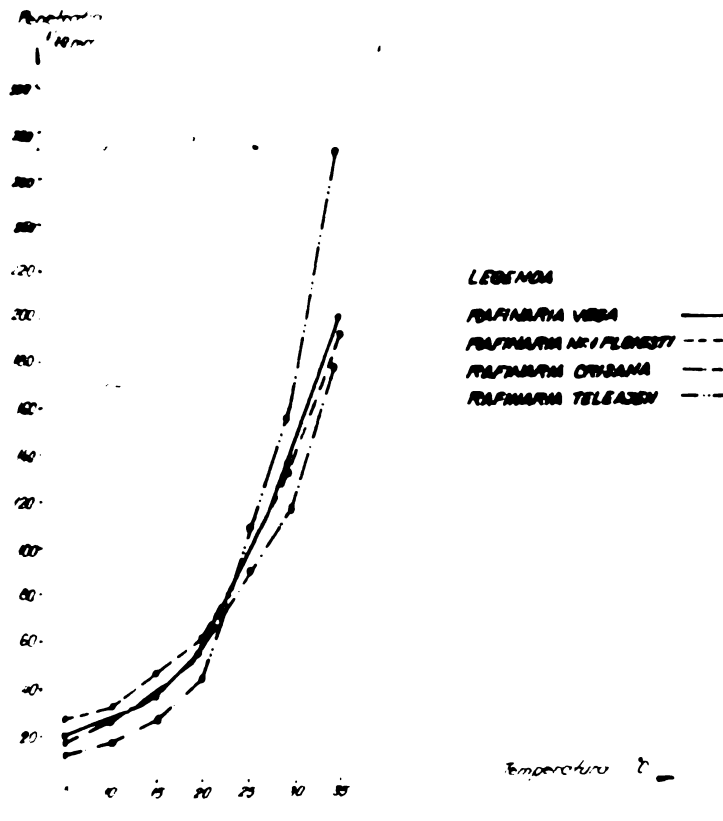
- rafinăria nr. 1 Ploiești, întrucât prelucrează în amestec țitei selecționat tip A<sub>3</sub> de la Cartojani, caracterizat printr-un punct de congelare foarte scăzut, biturile pe care le fabrică se caracterizează printr-o comportare superioară în domeniul temperaturilor scăzute. Constatarea se bazează pe faptul că punctul de rupere Fraass se înscrie, așa cum prezintă graficul din fig. I.9. și datele din tabelul I.15., pentru 72 % dintre probele analizate cu valori sub -27°C iar ductilitatea la 0°C, graficul din fig. I.12., cu valori superioare comparativ celorlalte bituri.

Pe de altă parte, ca urmare utilizării păcurii nestripate, punctul de inflamabilitate al biturilor este mai scăzut. Rezultatele înscrise în graficul din fig. I.7. arată pentru toate probele analizate valori mai mici de 280°C.

Apreciez că datorită aceluiași component, pierderea de masă la încălzirea biturilor 5<sup>h</sup>/163°C, așa cum rezultă din graficul din fig. I.14. și datele înscrise în tabelul I.15. prezintă



**Fig. 16 VARIATIA PENETRATIEI CU TEMPERATURA**



pentru 96 % dintre probele analizate valori ce depășesc 0,5 %.

Repartitia procentuală a valorilor caracteristicilor de comportare ale biturilor fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești în condiții de temperaturi scăzute și la încălzire

Tabelul I.15.

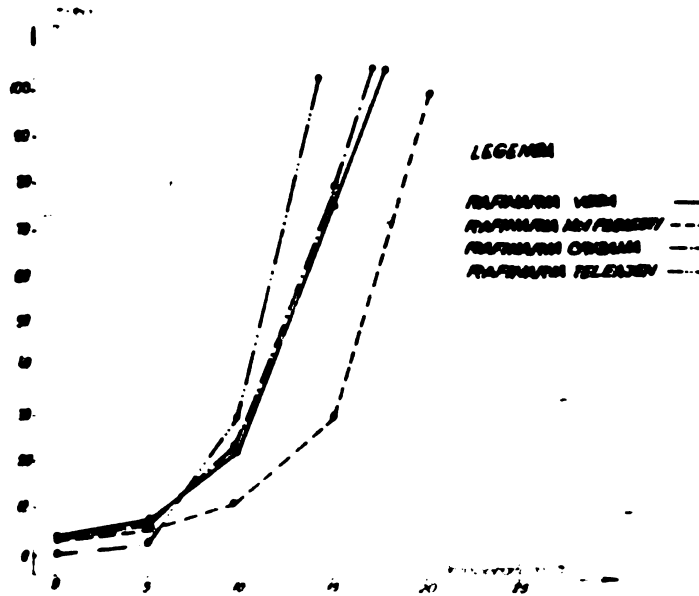
Nr. crt.	Caracteristici	R a f i n ă r i a			
		Nr.1 Ploiești	Vega	Crișana	Teleajen
1.	<u>Punct de rupere Fraass</u> sub -27°C, %	72	0	0	0
2.	<u>Punct de inflamabilitate</u> sub 280°C, %	100	16	44	12
3.	<u>Ductilitate la 0°C</u> peste 5 mm, %	40	20	0	0
4.	<u>Pierdere de masă</u> peste 0,5 %, %	96	0	0	20

- rafinăria Teleajen, ca urmare prelucrării țițeiurilor parafinoase, fabrică bitumuri care păstrează specific materiei prime un conținut mai ridicat de parafină. Graficul din fig. I.10. și datele înscrise în tabelul I.16. relevă că toate probele analizate atestă valori ce depășesc 2 %. Aceste rezultate semnaleză pentru domeniul temperaturilor scăzute o comportare dezavantajoasă din punct de vedere rutier, prin creșterea tendinței de rigidizare și ca atare a susceptibilității la fisurare. În acest sens valorile punctului de rupere Fraass reprezentate în fig. I.9. și tabelul I.16. arată că toate probele atestă valori ce depășesc -15°C. Ductilitatea la 0°C (graficul din fig. I.12. și datele din tabelul I.16.) relevă de asemenea o detașare a comportării acestor bitumuri de celelalte bitumuri neparafinoase, întrucât pentru niciuna dintre probele analizate ductilitatea nu depășește valoarea de 0,5 cm.

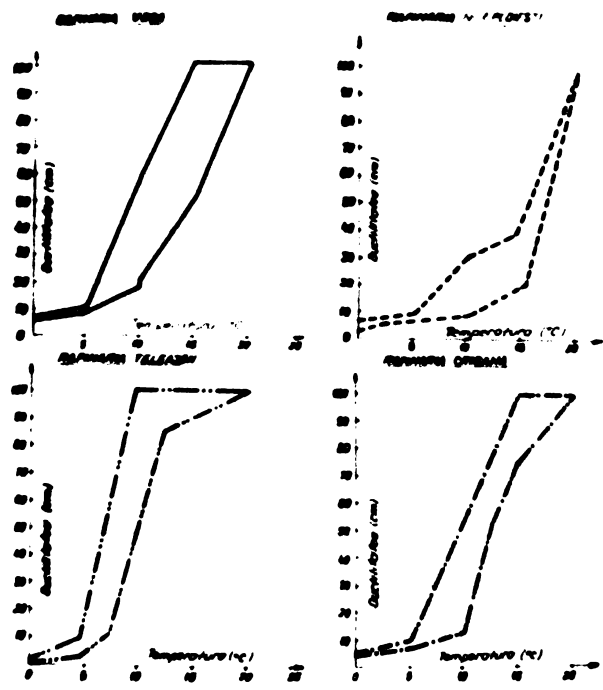
Pe de altă parte, ca urmare faptului că rafinăria Teleajen prelucrează rezidii viscoase, punctul de inflamabilitate al biturilor este ridicat.



**Fig. 17 VARIATIA DUCTILITATII CU TEMPERATURA**



**Fig. 18 DOMENIILE DE MARIȚE ALE DUCTILITATII CU TEMPERATURA (PROBE NORMALE, PROBE REZERVOR)**



Valorile înscrise în tabelul I.16. arată că 80 % dintre probele analizate atestă valori mai mari de 290°C.

Repartitia procentuală a valorilor caracteristicilor biturilor fabricate de rafinăria

Teleajen

Tabelul I.16.

444 art  
208 G

Nr. crt.	Caracteristici	R a f i n ă r i a			
		Teleajen	Nr.1 Ploiești	Vega	Crișana
1.	<u>Continut în parafină</u> peste 2 %, %	100	0	0	0
2.	<u>Punct de rupere Fraass</u> peste -15°C, %	100	0	0	0
3.	<u>Ductilitatea la 0°C</u> peste 0,5 cm, %	0	100	100	100
4.	<u>Punct de inflamabilitate</u> peste 290°C, %	80	0	28	0

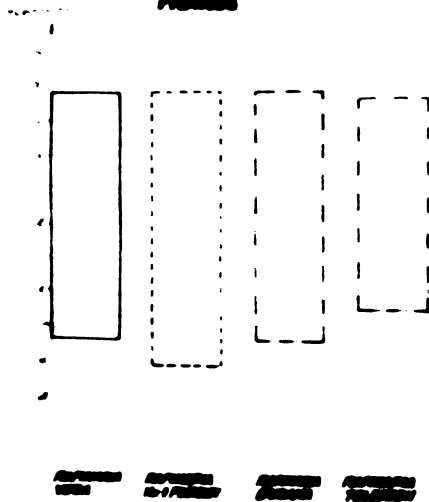
In scopul de a evidenția mai pregnant diferențierile constatate am extins încercările efectuate pe baza metodologiilor convenționale pentru penetrație și ductilitate, modificând condițiile de solicitare.

Rezultatele obținute mi-au permis să conturez mai evident tendințe în evoluția comportării biturilor și să relievez caractere specifice pentru fiecare dintre ele. In acest sens:

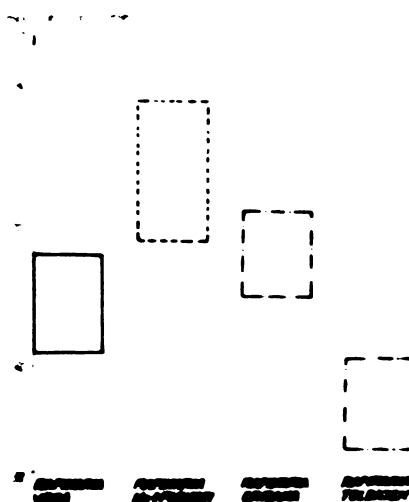
- variația penetrației cu temperatura, determinată asupra probelor de bitum reprezentative pentru rafinării, a căror rezultate le-am înscris în graficul din fig. I.16. a scos în evidență tendința bitumului fabricat de rafinăria Teleajen de a-și reduce consistența mai repede, pe măsura creșterii temperaturii, decât biturile neparafinoase. Acestea, mai asemănătoare, se grupează între ele cu o comportare mai apropiată;

- variația ductilității cu temperatura, reprezentată în fig. I.17. pentru probele medii pentru rafinării și în fig. I.18. pentru probele individuale, a pus în evidență că biturile neparafinoase opun o rezistență mai mare la întindere (și în special a bitumului fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești) comparativ bitumu-

**Fig. 1.80 INTERVALAL DE VARIERE ÎNTR-UN VALORILE PUNCTULUI DE ÎNCĂLEZIRE ÎN UN ANS PUNCTULUI DE ÎNTR-UN PUNCT**



**Fig. 1.81 VARIAȚIA VALORILOR CÂMPULUI DE PLASTICITATE**



lui fabricat de rafinăria Teleajen, care manifestă o capacitate de alungire sporită și o tendință de a-și modifica brusc modul de comportare începînd de la temperatura de 5°C.

Caracterizarea biturilor din punct de vedere al cîmpului de plasticitate, ale cărui valori sînt înscrise în graficul din fig. I.19.-I.20. relevă capacități diferite de comportare, mai avantajoase din punct de vedere rutier pentru bitumul fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești și mai defavorabile pentru cel fabricat de rafinăria Teleajen. Rezultatele obținute exprimate procentual în tabelul I.17. arată că 92 % dintre probele de bitum provenite de la rafinăria nr. 1 Ploiești atestă valori mai mari de 70°C pentru cîmpul de plasticitate, în timp ce pentru 92 % din cele provenite de la rafinăria Teleajen valorile sînt mai mici de 60°C.

Repartitia procentuală a valorilor cîmpului de plasticitate al biturilor, în funcție de proveniența fiecăruia

Tabelul I.17.

Nr. crt.	Caracteristici	R a f i n ă r i a			
		Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
1.	<u>Cîmpul de plasticitate</u>				
	peste 70°C, %	0	92	4	0
	sub 60°C, %	0	0	0	92

Biturile fabricate de rafinăriile Crișana și Vega se situează cu valori intermediare între celelalte două.

4. CONCLUZII

Examinarea unui amplu material de cercetare rezultat din testarea unui important număr de probe de bitum prelevate de la rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești, Crișana și Teleajen în decurs de 6 luni, mi-a permis să fac o caracterizare generală a calității biturilor de drumuri românești fabricate din țițeiuri indigene în baza cerințelor impuse de normele în vigoare și să desprind ca mai importante următoarele:

.. // ..

- bitumurile de drumuri cu  $P_{25} = 80-120$   $\gamma/10$  mm sînt fabricate din țiteiuri neparafinoase (tipurile  $A_1$  și  $A_3$ ) și din țiteiuri semiparafinoase (tipul B) în amestec cu țiteiuri parafinoase (tipul C), caracteristicile țiteiurilor fiind proprii zăcămintelor din care provin;

- procedeul de obținere al biturilor este același, la toate rafinările, de suflare cu aer, respectiv de oxidare. Condițiile de lucru sînt adaptate de rafinării caracteristicilor de compoziție specifice materiilor prime utilizate;

- caracteristicile biturilor determinate pe probe de bitum individuale și medii relevă că:

• bitumurile neparafinoase fabricate din țiteiuri tip A sînt superioare. Caracteristicile lor se încadrează în totalitate condițiilor tehnice de calitate prevăzute de STAS 754-72 "Bitum neparafinos pentru drumuri";

• bitumurile parafinoase tip Dp fabricate din amestecul reziduiilor de distilare de la prelucrarea țiteiurilor tip A, B și C se încadrează numai parțial condițiilor tehnice prevăzute de norma internă N.I.-MICH 1447-79 "Bitum pentru drumuri tip Dp 80/120" de livrare, elaborată de rafinăria Teleajen;

• ambele tipuri de bitum manifestă o lipsă de adezivitate față de agregate minerale de natură mineralogică bazică și acidă, cu care se execută curent structurile rutiere bituminoase, cu excepția bitumului de la rafinăria nr. 1 Ploiești pentru cele bazice;

• interpretarea statistică a rezultatelor celor mai importante determinări privind calitatea biturilor din punct de vedere rutier, caracterizează producția curentă a rafinărilor ca omogenă, confirmînd o constanță a caracteristicilor materiilor prime prelucrate și respectarea condițiilor de lucru, în procesul tehnologic, pe toate rafinările;

- bitumurile reflectă în calitatea lor caracteristici conferite de materiile prime din care provin, întrucît deși toate atestă stări de consistență comune la  $25^{\circ}\text{C}$ , încadrîndu-se aceluiași tip de clasificare, nu sînt identice.

Toate aceste prime rezultate, deosebit de importante prin concluziile ce le-au relevat asupra calitatii biturilor si care nu au fost cunoscute pînă în prezent, întrucît toate biturile aparținînd aceluiași tip erau considerate ca fiind aceleși și deci utilizate în aceleași scopuri de folosință, m-au determinat să extind sfera cercetărilor și prin alte mijloace decît cele obișnuite.

Urmărind o caracterizare cît mai reală a performanței calității fiecărui bitum, în cadrul tezei, am efectuat investigații și în alte domenii de cercetare.

Adîncirea studiului a implicat testări complexe asupra compoziției, comportării reologice, a susceptibilității la îmbătrînire, precum și stabilirea modului în care se transpun caracteristicile biturilor în caracteristicile mixturilor asfaltice și în modul de comportare al straturilor rutiere bituminoase.

Lucrarea prezintă în continuare materialul documentar și de cercetare care a stat la baza fundamentării științifice a caracterizării biturilor și a stabilirii diferențierilor lor calitative în ceea ce privesc cerințele de exploatare, pentru ca utilizarea fiecăruia să ateste maximum de eficiență tehnică și economică.

Intrucît condițiile de trafic, severe pentru exploatarea drumurilor impun garantarea securității circulației prin adoptarea liantului corespunzător condițiilor de solicitare, pentru cunoașterea performanțelor calitative ale biturilor românești cu definiția lor reprezentativă și complexă, în cercetare am abordat metodologii de investigație noi.

Urmărind stadiul cercetărilor și realizărilor pe plan mondial cît și nivelul la care s-a pus și tratat problema, am stabilit linia de cercetare a lucrării privind calitatea biturilor.

C A P I T O L U L    I I  
C A R A C T E R I Z A R E A   B I T U M U R I L O R   D I N   P U N C T   D E  
V E D E R E   A L   C O M P O Z I T I E I

1. STADIUL CERCETARII PRIVIND COMPOZITIA BITUMURILOR
2. METODOLOGII ADOPTATE PENTRU CARACTERIZAREA BITUMURILOR FABRICATE DE RAFINARIILE VEGA, NR. 1 PLOIESTI, CRISANA SI TELEAJEN, DIN PUNCT DE VEDERE AL COMPOZITIEI
3. REZULTATELE PRIVIND CERCETAREA COMPOZITIEI
4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA CARACTERIZAREA COMPOZITIEI BITUMURILOR FABRICATE DIN TITEIURI ROMANESTI

## CAP. II CARACTERIZAREA BITURILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL COMPOZITIEI

### 1. STADIUL CERCETĂRII PRIVIND COMPOZIȚIA BITURILOR

#### 1.1. Considerații generale

Importanța ce se acordă problemei cunoașterii compoziției biturilor a determinat o acțiune de cercetare susținută pe plan mondial, cu adoptarea de metodologii de investigație din discipline diferite.

Bitumul fiind un amestec complex și practic inert din punct de vedere al reactivității chimice nu permite o separare în componenți puri prin mijloace fizice sau chimice și ca atare liniile directe pe care le-am adoptat în cercetare au fost axate pe o examinare indirectă, care a implicat:

- determinarea elementelor de constituție;
- stabilirea compoziției pe grupe de componenți și caracterizarea lor;
- investigații cu caracter global asupra bitumului ca atare.

Lucrarea prezintă, în continuare, succint preocupările specialiștilor din alte țări și cele mai importante rezultate obținute.

#### 1.2. Compoziția elementară

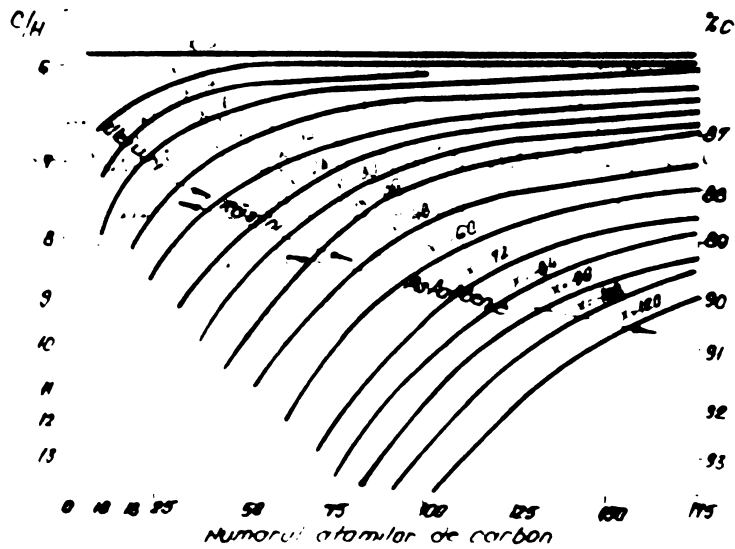
Analizele de laborator privind elementele de alcătuire ale unui bitum au evidențiat ca existente, următoarele: /6/:

carbon . . . . .	82 - 85 %
hidrogen . . . . .	12 - 15 %
oxigen . . . . .	2 - 3 %
azot . . . . .	0,05 - 0,8 %
sulf . . . . .	0,05 - 5 %
metale (Ni, Fe, Cu, Ca etc). . . . .	urme

Conținutul ridicat în carbon și hidrogen, care însumează peste 90 % din totalul elementelor, indică existența unor posibilități largi de legare a acestora în molecule.

Prin valorile și respectiv prin raportul dintre ele, aceste elemente permit să se evidențieze diferențieri de compoziție între bitumuri și predominanța componenților mai grei în raport cu





**Fig. II.11 VARIATIA DIFERITELOR SERII DE HIDROCARBURI CONTINUTE DE BITUM IN FUNCTIE DE RAPORTUL C/H**

cei mai ușori, așa cum se arată în diagrama din Fig. II.1.1. Valoarea raportului carbon/hidrogen, care este considerată un criteriu chimic de caracterizare, indică gradul în care hidrocarburile conținute de un bitum se îndepărtează de la structura parafinică cu formula generală  $C_nH_{2n+2}$  spre o structură mai condensată /1/. Raportul carbon/hidrogen reprezintă, ca atare, un mijloc de indicare a naturii componentelor, cu evidențierea caracteristicilor de comportare ale biturilor. Se utilizează ca element de corelare a compoziției cu structura, adesea exprimată prin vâscozitate. Determinat pe fracții reduse de componente separate din bitum, poate da indicații, în mod similar, asupra compoziției fracțiunilor și indirect asupra structurii bitumului. Într-un sistem coloidal stabil, un raport carbon/hidrogen mare în asfaltene impune și un raport carbon/hidrogen mare pentru rășini; în caz contrar apare tendința de floclare a asfaltenelor.

Proporția celorlalte elemente azot, sulf, oxigen și metale este redusă și reprezentativă pentru originea țigăiurilor, ca de exemplu cazul țigăiurilor americane care sînt bogate în azot sau a celor din Orientul Mijlociu care sînt bogate în sulf /7/.

Oxigenul, sulful și azotul indică prezența în bitum a structurilor condensate foarte complexe /8/ /33/ /123/. Astfel:

- oxigenul intră ca punte de legătură între nucleeele heteroatomice, în săruri ca naftenăți, rezinați ai metalelor grele, în structurile porfirinelor sau legat chimic în grupări carboxilice, esteri, fenoli, cetone;

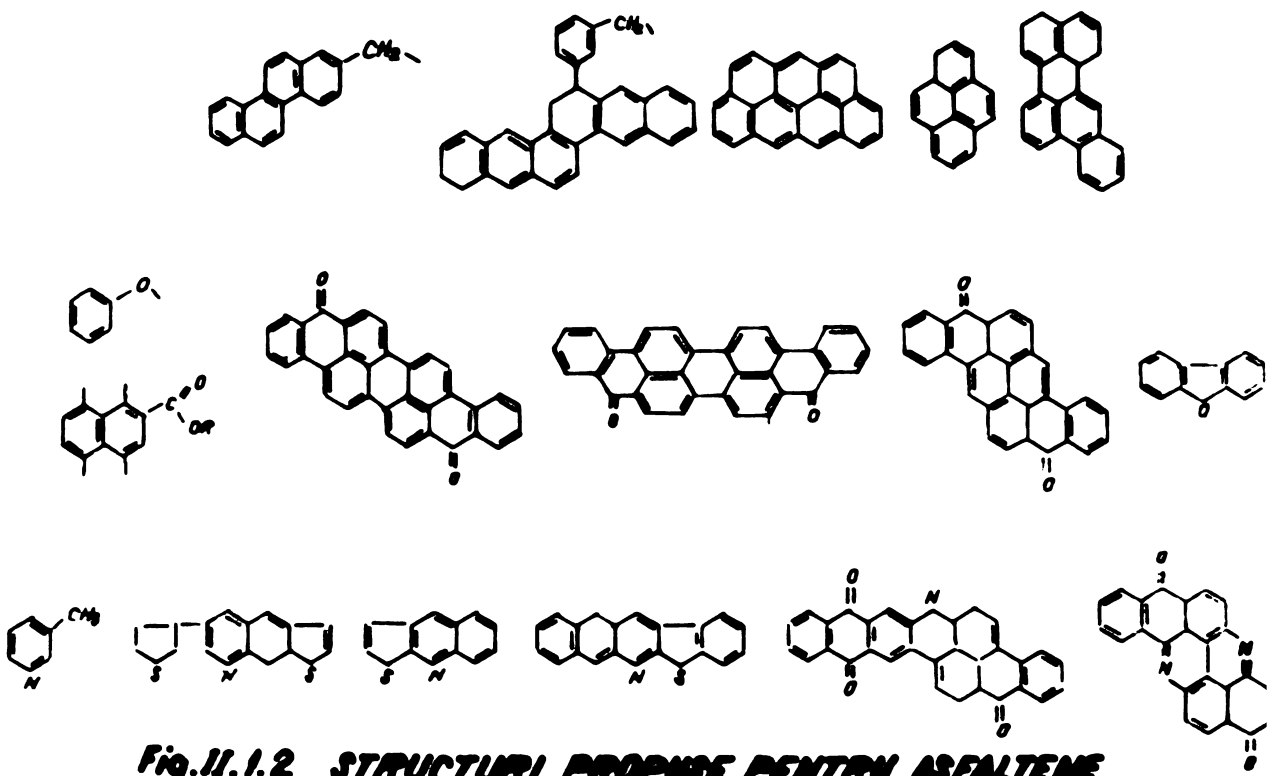
- sulful intră ca punte de legătură între nucleeele naftonice și cele aromatice sau în nucleee de tipul ciclurilor tiofenice;

- azotul intră în formații ciclice stabile de tip piridinic, porfirinic etc.;

- metalele arată prezența compușilor de tip complex (compuși organo-metalici) care prin natura lor pot da de asemenea indicații asupra originii bitumului.

### 1.3. Compoziția pe grupe de componente

Analizele de laborator în domeniul investigației compoziției din punct de vedere al componentelor existenți, au relevat ca preponderente hidrocarburile și derivații lor și prezența într-o proporție redusă a compușilor cu heteroatomi /1/. Modul lor de organizare determină o stabilitate caracteristică ce face din bitum



**Fig.II.1.2 STRUCTURI PROPUSE PENTRU ASFALTENE**

un liant ideal pentru drumuri.

Macroscopic, bitumul apare ca un produs unitar, întrucât seriile omoloage de componenți cu proprietăți apropiate manifestând puternice forțe de atracție, determină formarea de asociații de elemente strâns legate între ele care nu permit izolarea componenților individuali.

Ipoteza structurii coloidale a fost formulată prima dată de Nellenstajn în anul 1924 /9/. Conform acestuia componenții biturilor sînt asociați astfel încît formează:

- o fracțiune liofobă care constituie centrul micelilor;
- o fracțiune liofilă care înconjoară fracțiunea liofobă și care are rolul unui înveliș protector pentru aceasta;
- o fracțiune uleioasă care constituie mediul de dispersie al micelilor.

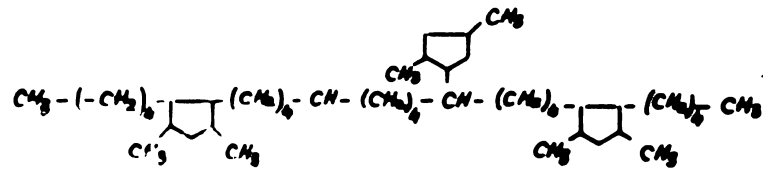
Stabilitatea sistemului coloidal este condiționată de valoarea tensiunii interfaciale care se stabilește la nivelul micelilor cu mediul de dispersie. Ea poate fi modificată prin tratare cu solvenți ușori, caracterizați prin tensiune superficială redusă, pînă la ruperea echilibrului coloidal. În acest moment particolele dispersate în bitum se izolează de sub învelișul protector și se aglomerează.

Folosirea sistemelor complexe de fracționare și de caracterizare a grupelor separate prin metode fizice și chimice adecvate a condus la izolarea de grupe restrînse de componenți și la stabilirea de scheme de structură, cum sînt de exemplu cele prezentate în fig. II.1.2. și II.1.3. pentru grupele principale de componenți (maltene și asfaltene).

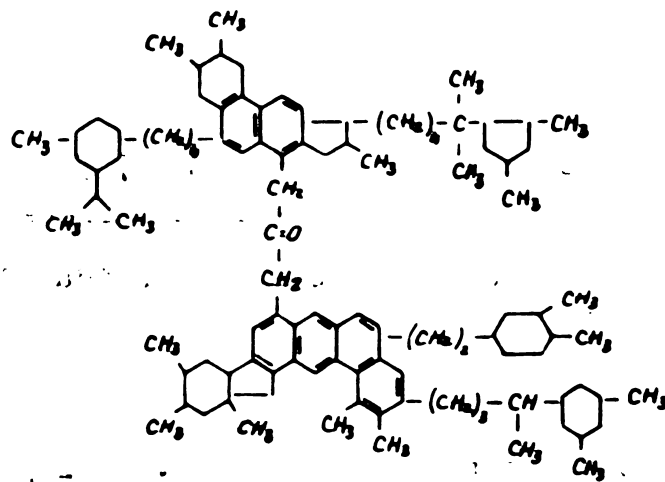
Lucrările publicate în revistele de specialitate cu privire la compoziția biturilor sînt numeroase și în general deosebit de laborioase /1/ /124/ /125/. Se admite că cele trei grupe principale ce alcătuiesc bitumul constituie asociații de componenți cu rol bine definit în menținerea echilibrului coloidal. Astfel:

- fracțiunea liofobă este constituită din asfaltene și reprezintă 10 - 30 % din masa bitumului. În funcție de natura și proveniența țițeiului și de procesul tehnologic de obținere al biturilor, conținutul în asfaltene și compoziția lor elementară diferă așa cum se arată în exemplul dat în tabelul II.1.1., unde conținutul în asfaltene înregistrează o variație de la 6 la 18 % /2/.

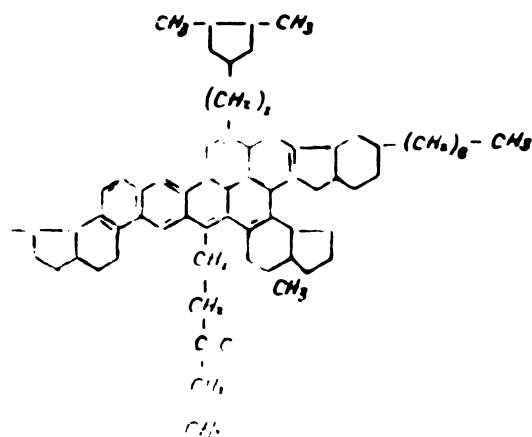
**FRACTIUNEA USOARA (ULEIURI)**



**FRACTIUNEA MIEIE (ULEIURI)**



**FRACTIUNEA GREA (RASINI)**



C. H. O. N. S.

**Fig. II. 1.3 STRUCTURI PROPUSE PENTRU MALTENE**

Caracteristicile asfaltanelor din bitumuri  
în funcție de originea țiteiurilor

Taboulul I.1.1

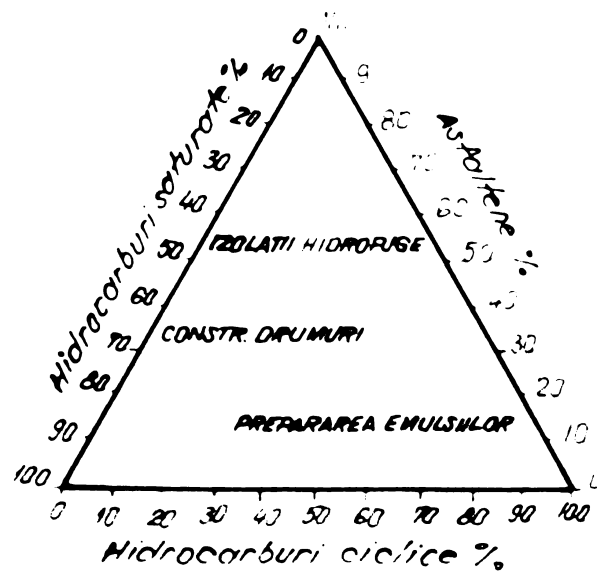
Proveniența țiteiului	Bitum cu P25 = 80-120 1/10 mm							
	procesul tehnologic de obține- re al bitu- mului	conți- nut în asfal- tene, %	Compoziția elementară a asfaltanelor					O %
			C %	H %	S %	N %		
Boscan	distilare	18	81,1	8,3	6,2	0,80	3,30	
Lagunillas	distilare	10	83,8	8,0	4,0	0,75	3,45	
Tia - Juana	distilare	14	84,9	7,7	3,9	0,75	2,75	
Kuweit	oxidare	14	83,4	8,0	6,5	0,42	1,68	
Irak	distilare	6-8	80,3	7,5	7,7	0,55	3,95	

Asfaltenele se prezintă sub formă solidă, de culoare neagră-brună, sînt friabile și atestă o structură foarte condensată, întrucît sînt preponderent alcătuite din cicluri aromatice. Proporția de heteroatomi este importantă. Sulfurul se găsește adesea sub formă de cicluri tiofenice și poate atinge valori pînă la 10 % iar azotul se găsește sub formă de cicluri piridinice. Catenele laterale au lungimi reduse, adesea fiind constituite din radicali metil. Metalele frecvent conținute de asfaltene sînt Ni, Fe, Vn. Raportul C/H variază între 0,98 și 1,25 iar formula brută stabilită de Yon este  $C_{74}H_{87}NSO$  /10/ /11/ /123/;

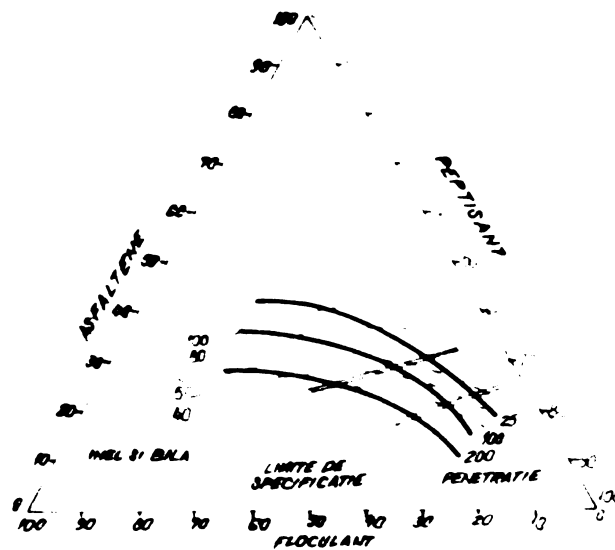
- fracțiunea uleioasă este constituită din uleiuri parafinice (hidrocarburi parafinice cu catenă dreaptă sau ramificată și cicloparafine) și uleiuri aromatice (nuclee aromatice legate la lanțuri alifatiche sau la cicluri saturate care le conferă o structură preponderent nafteno-aromatică). Este solubilă în toți solvenții organici și reprezintă 40-60 % din masa bitumului. Raportul C/H variază între 0,5-0,7 iar masa moleculară între 500-900 /12/. Hidrocarburile parafinice normale se găsesc în cantitate redusă și au tendința de cristalizare. Ca heteroatomi uleiurile conțin sulfur și oxigen, care apar în proporții mai reduse decît în celelalte fracțiuni /10/ /11/ /123/;

- fracțiunea liofilă este constituită din rășini care atestă un caracter net mai aromatic decît uleiurile. Nu conține

.. // ..



**Fig.11.1.4 DOMENII DE UTILIZARE A BITUMURILOR STABILITE PE BAZA COMPOZITIEI**



**Fig.11.1.5 GRAFIC TERNAR DE CORELARE A COMPOZITIEI BITUMULUI CU PRINCIPALELE CARACTERISTICI DE COMPORTARE**

hidrocarburi parafinice, iar proporția de heteroatomi, sulf și azot este mai ridicată decât la fracțiunea uleioasă. Raportul C/A variază între 1,41 și 1,66 /12/.

Rășinile prezintă un caracter polar mai pronunțat comparativ celorlalte fracțiuni. Compoziția și caracteristicile rășinilor sînt determinate de originea țițeiului și procesul de prelucrare al biturilor /7/ /13/ /123/.

### 1.3.1. Considerații generale privind influența compoziției asupra comportării

Caracteristicile conferite de grupele de componente biturilor și modul cum ele influențează comportarea, față de condiții de solicitare variată, a constituit o preocupare în cercetare de o importanță similară cercetărilor pentru identificarea compoziției.

Studiile care s-au efectuat sînt complexe și laborioase. În general bitumul se fracționează în grupe de componente care se identifică prin compoziție și proprietăți fizico-chimice.

Pentru caracterizarea comportării fracțiile s-au asociat între ele și testat, urmărindu-se influența fiecăreia. Amestecurile prezentate în tabelul II.1.2. (anexa II, pag. 1) arată un exemplu de fracționare pe patru grupe de componente și caracteristicile lor respective. Prin asociere, așa cum indică tabelul II.1.3. (anexa II, pag. 2) amestecurile au pus în evidență influența exercitată de diferitele fracțiuni asupra caracteristicilor bitumului și în mod deosebit rolul peptizant exercitat de hidrocarburi aromatice și rășini asupra asfaltenelor /123/.

Alte ori cercetările de corelare compoziție-comportare, urmăresc:

- delimitarea de zone pentru încadrarea biturilor apte a fi utilizate la lucrările de drumuri, așa cum arată graficul ternar din fig. II.1.4.;

- înscrierea principalelor caracteristici calitative ale biturilor, IB și P<sub>25</sub> în funcție de compoziție, așa cum este ilustrat în fig. II.1.5. /14/;

- stabilirea structurii optimale a bitumului de drumuri astfel încît caracteristicile să asigure calitatea /15/ /124/;

- stabilirea de coeficienți de caracterizare a structurii



cum sînt de exemplu:

. coeficientul de dispersie, CD, exprimat prin raportul:

$$CD = \frac{R + HA}{A + HS} \quad /II.1./$$

unde:

- R - conținutul în rășini;
- HA - conținutul în hidrocarburi aromatice;
- A - conținutul în asfaltene;
- HS - conținutul în hidrocarburi saturate,

a cărui valoare dă indicații asupra stadiului de peptizare al asfaltanelor. Cercetările au arătat că un bitum cu un exces de rășini și hidrocarburi aromatice, respectiv care atestă o bună dispersie, prezintă o valoare ridicată pentru coeficientul de dispersie și indică o structură și comportare caracteristică stărilor sol /16/;

. coeficientul de instabilitate coloidală, IC, exprimat prin raportul:

$$IC = \frac{A + F}{P} \quad /II.2./$$

unde:

- A - conținutul în asfaltene;
- F - conținutul în fracțiune floculantă;
- P - conținutul în fracțiune peptizantă,

a cărui valoare dă indicații asupra stării echilibrului coloidal al biturilor. Creșterea valorii acestui coeficient peste o anumită limită indică gelificarea pronunțată ou reducerea stabilității coloidale, ca urmare separării celor două faze, maltene-asfaltene. Cercetări efectuate pe bitumuri sintetice cu coeficient variabil dar cu aceeași penetrație, au confirmat corelația dintre compoziție-comportare și valabilitatea valorii lui IC ca indice de caracterizare /14/;

. raportul rășini/asfaltene, semnificativ pentru caracterizarea gradului de peptizare al asfaltanelor și respectiv a stabilității coloidale a biturilor;

. conținutul în asfaltene. Luîndu-se în considerare această caracteristică, s-a stabilit o corelație între compoziție și proprietățile reologice ale unui bitum, de forma /17/:

$$a = 45 (0,9 - K)^{0,5} \quad /II.3./$$

unde:

- a - conținutul în asfaltene;
- K - susceptibilitatea termică a modulului dinamic de forfecare.

În mai multe țări conținutul în asfaltene a fost propus ca indice de clasificare al biturilor pe tipuri reologice precum și drept condiție tehnică obligatorie de înscris în normele de calitate pentru biturile de drumuri (R.F.G., U.R.S.S., R.P.U., R.S.G., Australia, Iugoslavia) /2/ /126/.

### 1.3.2. Metode de separare a grupelor de componente

Inerția chimică și dificultățile tehnice de separare ale biturii în componente puri au condus la ideea stabilirii compoziției pe grupe de componente cu proprietăți apropiate prin metode fizice. Numeroasele posibilități de separare și insuficienta caracterizare a grupelor fracționate a condus însă de multe ori la confuzii în interpretarea rezultatelor și drept urmare, tendința actuală este de a se fracționa biturile pe grupe limitate de componente similari, bine identificați, astfel ca rezultatele obținute să poată fi valorificate de toți cercetătorii de pretutindeni /16/ /18/ /19/.

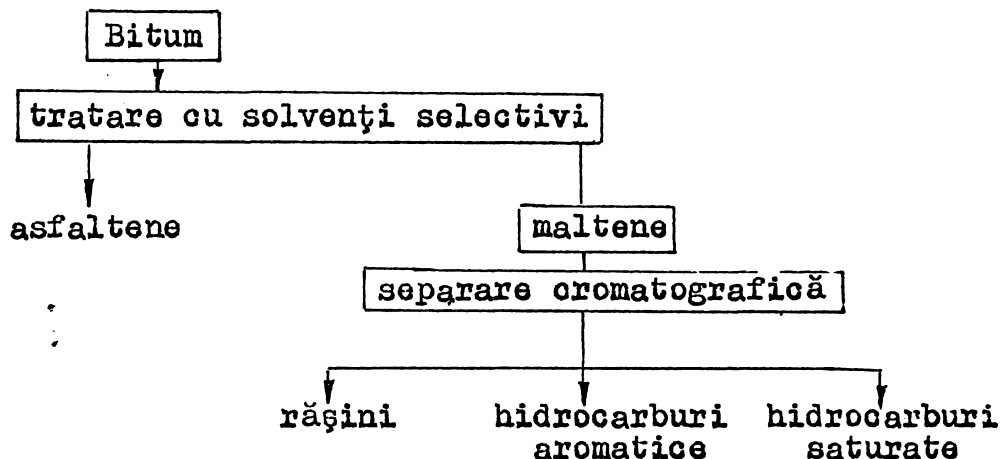
Tinându-se seama de principiul adoptat în separare, metodele utilizate s-au grupat în: metode de fracționare cu solvenți organici, metode cromatografice, metode de separare prin difuziune termică, metode de separare prin distilare și metode chimice.

Deși numărul mare și varietatea metodelor de separare a biturilor a limitat de multe ori posibilitatea de comparație între rezultatele diferitelor cercetări, a permis însă aprofundarea studiilor de compoziție și cu precădere în ceea ce privesc componentii grei, a căror separare și identificare prezintă cele mai mari dificultăți.

Rezultatele cele mai interesante s-au obținut prin folosirea concomitentă a mai multor metodologii, ca de exemplu acelea prezentate în schemele din fig. II.1.6., II.1.7. și II.1.8. (anexa II, pag. 9-11), întrucât au dat posibilitatea izolării de grupe de componente cu mărimi similare de particole; cu aceeași reactivitate chimică sau cu proprietăți fizice asemănătoare, ceea ce a permis o definiție mai fundamentată științific a compoziției bitu-

murilor /11/ /20/ /21/ /22/.

În mod curent, în majoritatea laboratoarelor s-a adoptat pentru determinarea compoziției, metoda de separare cu solvenți selectivi asociată metodei cromatografice solid-lichid, conform unei scheme generale de forma:



Întrucît separarea cu solvenți selectivi, datorită capacității limitate de fracționare este utilizată numai pentru izolarea asfaltenelelor. Această metodă se bazează pe proprietatea solvenților organici de a manifesta o afinitate față de anumiți componenți ai bitumului atunci cînd sînt introduși într-un amestec și de a produce astfel o modificare a tensiunii interfaciale la nivelul acestor componenți, favorizînd flocularea celorlalți.

Prin tratarea cu solvenți separarea are loc cu atît mai repede cu cît valoarea tensiunii interfaciale ce se stabilește este mai ridicată, respectiv cu cît tensiunea superficială a solventului este mai redusă în raport cu aceea a micelului /9/.

Fiindcă extracția cu solvenți selectivi prezintă o limită convențională de separare între două serii de componenți succesivi, ea depinde de natura solventului utilizat și deci de capacitatea lui de solvire, de gradul de diluție și de temperatura de lucru.

În teoria solubilității, căldura de amestecare,  $\Delta H$ , a diferiților componenți în solvenți specifici, este dată de următoarea ecuație: /1/ :

$$\Delta H_m = (V_1 + V_2) f_1 f_2 \left[ (\Delta E_1 / N_1)^{1/2} - (\Delta E_2 / N_2)^{1/2} \right]^2 \quad \text{/II.4./}$$

unde:

$V_1, V_2, f_1$  și  $f_2$  sînt volumele molare și respectiv fracțiunile molare ale solventului și dizolventului;

$\Delta E_1$  și  $\Delta E_2$  sînt căldurile de evaporare corespunzătoare care se obțin pe baza ecuației:

$$(dE/dV)_T = T (dS/dV)_T - P = T (dP/dT)_V - P \quad /II,5./$$

unde:

- E - energia internă;
- S - entropia;
- P - presiunea externă.

Din punct de vedere al naturii chimice al solventului, capacitatea de floclare crește cu cît lanțul molecular conținut de solvent este mai redus, în timp ce creșterea temperaturii reduce cantitatea de floclat. Pentru o temperatură dată, cantitatea de floclat este condiționată de gradul de diluție, respectiv de raportul solvent/bitum.

Separarea prin cromatografie solid-lichid, aplicată malțenelor, se bazează pe capacitatea de adsorbție selectivă a unui component dintr-o soluție, cu ajutorul substanțelor solide, cu afinitate mare de suprafață și eliberarea de pe suport prin eluție cu solvent caracteristic. Diferitele variante de lucru cunoscute ce se aplică se diferențiază între ele prin condițiile adoptate în ceea ce privește adsorbantul (natura și curba granulometrică) temperatura, tip de eluent și raportul adsorbant față de gradul de încărcare.

Fracționarea cromatografică ca și fracționarea cu solvenți selectivi nu asigură demarcația netă dintre seriile succesive de componente, întrucît separarea este limitată de atingerea unui echilibru de distribuție al componentelor prezente în amestec. Ca atare rezultatele sînt arbitrare ca urmare impurificării prin întrepătrunderea componentelor ce delimitează grupele învecinate. În final, grupele de componente separate reprezintă amestecuri, în care cantitatea componentelor principali este condiționată de tipul și cantitatea celorlalți componente care constituie grupa.

Adsorbantii uzuali sînt alumina și silicagelul.

Ca eluenți sînt folosiți solvenții organici cu putere selectivă de dizolvare care la trecerea prin coloane desorb preferențiat grupe de componente cu caracteristici apropiate între ele, ca de exemplu eterul de petrol, n-pentanul, benzenul, acetona, alcoolul metilic sau etilic, etc.

Dificultățile de separare sînt reduse în cazul componentelor ușori ai maltenelor dar devin din ce în ce mai mari în cazul componentelor grei și în special în cazul componentelor polari, care se adsorb practic ireversibil pe suport.

#### 1.4. Metode de caracterizarea compoziției bitumului și a grupelor de componente

Pentru caracterizarea componentelor conținuți de bitum, după fracționare grupele de componente sînt cercetate în scopul identificării naturii fiecăruia.

În general se aplică metode fizice care urmăresc să determine indicii de refracție, masa moleculară și densitatea /1/. Tipul, în cazul hidrocarburilor aromatice, se stabilește prin spectroscopie în UV iar grupările carbonil prin spectroscopie în IR. Aplicarea spectroscopiei de rezonanță magnetică nucleară sau rezonanță paramagnetică electronică cît și spectroscopia de masă urmăresc determinarea naturii nucleelor aromatice condensate, a gradului de condensare, natura punților de legătură și a lanțurilor alifatiche laterale, precum și existența radicalilor liberi. Prin difracție cu raze X se determină gradul de cristalinitate al asfaltentelor /23/ /24/ /25/ /26/.

Investigațiile adesea sînt completate cu analize chimice ca de exemplu titrare cu indicatori de culoare în cazul determinării grupelor funcționale acide sau analize distructive în determinarea elementelor de constituție.

Rezultatele obținute se asociază și corelează între ele și în ansamblu contribuie la o conturare mai reală a compoziției biturilor.

Cu privire la caracterizarea compoziției pe cale instrumentală Traxler /16/ a semnalat că deși aceste posibilități aduc un real aport științific în cunoașterea biturilor, este necesar ca interpretarea rezultatelor să se facă cu prudență și numai după o prealabilă verificare a posibilităților și performanțelor fiecărui aparat.

Analiza compoziției determinată prin cele mai variate metode fizice și chimice puse la dispoziție de tehnica actuală a permis caracterizarea structurii și a făcut posibilă înțelegerea comportării reologice și în timp a lianților bituminoși.

# BITUM

ANALISA DI SEMENTERAN  
 ANALISA DI SEMENTERAN

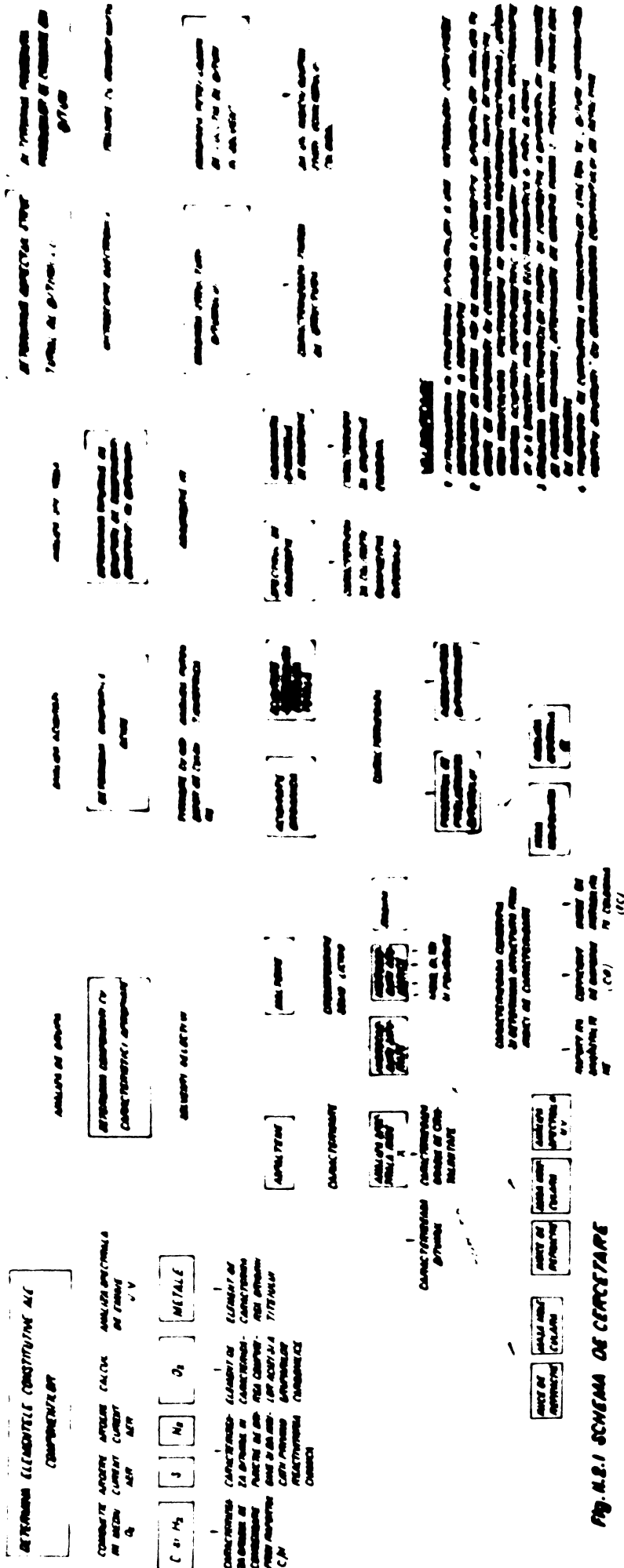


Fig. A.2.1 SCHEMA DE CERTIFICATE

Datele furnizate de cercetare sînt de o deosebită importanță practică întrucît au permis să se contureze elementele de dificultate în caracterizarea calitativă a unui bitum care prin încercările convenționale nu pot fi semnalate.

## 2. METODOLOGIA ADOPTATA PENTRU CARACTERIZAREA BITUMURILOR FABRICATE DE RAFINARIILE VEGA, Nr. 1 PLOIESTI, ORISANA SI TELEAJEN, DIN PUNCT DE VEDERE AL COMPOZITIEI

### 2.1. Schema de cercetare

Tinîndu-se seama de importanța semnalată de literatura de specialitate în ceea ce privește necesitatea cunoașterii oît mai adîncite a compoziției unui bitum, pentru ca pe baza determinării elementelor specifice conferite de materia primă și condițiile de obținere să se poată formula capacitatea calitativă din punct de vedere rutier, în cadrul tezei am adoptat pentru cercetare, o schemă de caracterizare complexă, așa cum este arătat în fig. II.2.1.

### 2.2. Metode de cercetare a compoziției bitumurilor

Caracterizarea compoziției bitumurilor cercetate am stabilit-o pe baza determinării elementelor constitutive, a grupelor de componenți cu caracteristici apropiate și identificarea lor prin determinarea grupărilor și a structurii specifice după cum urmează:

#### 2.2.1. Determinarea compoziției elementare

Metodologia adoptată pentru stabilirea elementelor de constituție a componenților existenți în bitumuri reprezintă metodologia curent aplicată în chimia organică, de determinare a carbonului, hidrogenului, oxigenului, sulfului, azotului și a metalelor conținute de compușii organici. Astfel:

- carbonul și hidrogenul prin ardere în curent de oxigen; produșii rezultați - bioxidul de carbon și apă - au fost reținuți pe substanțe absorbante (clorură de calciu pentru apă și ascarit pentru bioxid de carbon);

- sulful prin combustie în bomba calorimetrică în atmosferă de oxigen; ionul  $SO_4^{2-}$  format s-a dozat gravimetric;

- azotul prin descompunere cu acid sulfuric, prin metoda Kjeldahl;

- oxigenul indirect prin calcul, ca diferență față de elementele precedente;

- metalele prin spectroscopie de emisie în UV, din cenușa obținută după arderea bitumului și trecerea elementelor în sulfuri.

### 2.2.2. Determinarea compoziției pe grupe de componente și caracterizarea lor

Metodologia adoptată pentru analiza compoziției bitumurilor din punct de vedere al componentelor cu caracteristici asemănătoare, reprezintă metodologia curent aplicată de laboratoare pentru cercetarea bitumului, respectiv separarea asfaltinelor de maltene prin tratare cu solvenți selectivi iar diferiții componente ai maltenelor între ei, prin cromatografie de adsorbție solid-lichid, folosind suporturi de alumina neutră și eluție.

Analiza am efectuat-o pentru toate probele de bitum cercetate prin separare pe cele patru grupe de componente principale, care dirijează în final compoziția bitumului, asfaltene, hidrocarburi saturate, hidrocarburi aromatice și rășini, iar pentru probele medii reprezentative pentru rafinării prin separarea pe șapte grupe de componente, ca urmare fracționării hidrocarburilor aromatice în hidrocarburi mono, bi, tri și policiclice.

Metoda este avantajoasă întrucât permite rapid obținerea de informații care să contribuie la caracterizarea calitativă a bitumurilor și implicit să dea informații asupra comportării lui de oarece:

- hidrocarburi saturate cu consistență de lichide viscoase reprezintă componentii cei mai ușori ai bitumului și în același timp cei mai stabili. Sub acest aspect, acești componente prezintă un indice de caracterizare al stabilității coloidale și al susceptibilității la îmbătrânire. Un conținut ridicat reduce însă stabilitatea și în același timp coeziunea și ca atare puterea liantă a bitumului. La un raport constant între hidrocarburi aromatice și rășini, creșterea conținutului în hidrocarburi saturate conduce la scăderea considerabilă a consistenței bitumului și implicit la reducerea viscozității, paralel creșterii susceptibilității termice /1/ /14/ /123/;

- hidrocarburi aromatice cu o consistență superioară celor saturate, au un rol important în solvatarea asfaltinelor.



Contribuind alături de rășini în procesul de peptizare al asfaltene-  
nelor împiedică aglomerarea. Creșterea conținutului reduce consis-  
tența și mărește ductilitatea dar crește susceptibilitatea termică  
/1/ /123/;

- rășinile, componenți cu proprietăți plastice conferă  
biturilor coeziune și ductilitate. Ele conțin componenții cei mai  
reactivi ai biturilor. Întrucât concentrează compuși aromatici  
polari capabili de a realiza chemosorbția, ele asigură o legătură  
stabilă cu agregatele minerale, față de acțiunea de dezanrobare pe  
care o exercită apa. Rășinile reprezintă agentul principal de pep-  
tizare al asfaltenei și de cantitatea și compoziția lor depinde  
comportarea reologică a biturilor /9/ /15/;

- asfaltenele, componenți cu structură spongioasă repre-  
zintă structura cea mai condensată din bitumuri, care atestă une-  
ori un oarecare grad de cristalinitate. Sînt considerate elemente  
de caracterizare a biturilor și ca urmare de evaluare a durifi-  
cării prin îmbătrînire, întrucât creșterea rigidității în timp a  
biturilor se datorește creșterii conținutului în asfaltene /1/  
/123/.

Gradul de aromaticitate al mediului care înconjoară par-  
ticulele de asfaltene reprezintă condiția fundamentală a comportă-  
rii biturilor și a proprietăților sale.

Mărimea micelilor și caracteristicile maltenelor influ-  
ențează consistența și determină structura. În bună parte aceasta  
depinde de compoziția uleiurilor precum și de compoziția rășinilor  
/9/ /27/.

Un conținut ridicat în hidrocarburi aromatice și rășini,  
care solvatează bine asfaltenele, relevă comportare de sol.

Un conținut redus de asfaltene, bine peptizat de compo-  
nenții grei ai maltenelor, relevă de asemenea dispersie înaintată  
și comportare de sol.

Maltene cu conținut scăzut de hidrocarburi aromatice și  
rășini determină o solvatare redusă a asfaltenei. În acest caz  
micelile prezintă un grad ridicat de asociere. Pe măsura îmbătrî-  
nirii biturilor crește conținutul în asfaltene în detrimentul  
celorlalți componenți, ceea ce conduce la creșterea gradului de aso-  
ciere a micelilor. Sistemul coloidal se gelifică și comportarea bi-  
tului din predominant visco-elastică trece în predominant elas-  
tică. Efectele elas-

tice se atribuie fazei dispersate alcătuite din asfaltene și fracțiunea grea din maltene, care determină și limita de curgere a bitumului.

Afinitatea dintre diferiții componenți ai bitumului asigură întrepătrunderea fracțiilor corespunzând la serii învecinate și aceasta determină stabilitatea echilibrului coloidal. Studiile de compoziție prin care s-a determinat influența diferiților componenți asupra structurii și comportării bitumului au condus la stabilirea de corelații compoziție-structură, din care în cadrul tezei s-au adoptat pentru caracterizarea bitumurilor românești:

- coeficientul de instabilitate coloidală, IC;
- coeficientul de dispersie, OD;
- raportul rășini/asfaltene;
- conținutul în asfaltene.

În lucrare separarea asfaltenelor s-a efectuat utilizând eterul de petrol iar pentru separarea diferiților componenți conținuți de maltene, eterul de petrol, benzenul și alcoolul etilic.

Metoda a fost elaborată de Institutul de Cercetări Inginerie Tehnologică pentru Rafinării /127/ și îmbunătățită de autor prin:

- înlocuirea aluminei neutre de import, produsă de firma Merck - Darmstadt, cu alumină fabricată de Combinatul de Alumină Oradea;

- termostatarea coloanelor cromatografice, în scopul de a se menține condiții constante pentru adsorbția și eluția componentelor, astfel încât să se asigure reproductibilitatea rezultatelor;

- eluarea hidrocarburilor policiclice cu benzen în loc de amestec de 40 % benzen și 60 % eter de petrol, pentru a se realiza separarea mai netă de rășini.

Prin înlocuirea aluminei de import metoda devine posibilă de utilizat curent de laboratoarele de drumuri din țară.

Modul de lucru propus și aplicat în lucrare este prevăzut în anexa II, pag. 6.

Stabilirea tipului hidrocarburilor aromatice și puritatea fracțiilor am urmărit-o prin cercetarea spectrelor de absorbție ale fracțiilor eluate, prin spectroscopie în UV iar caracterizarea grupelor de componenți separate după cum urmează:

- hidrocarburile le-am identificat prin determinarea indicelui de refracție,  $n_D^{20}$  și a masei moleculare (determinată ebullioscopio);

- hidrocarburile aromatice prin indicele de refracție  $n_D^{20}$ , masă moleculară și spectroscopie în IR;

- rășinile prin masa moleculară și spectroscopie în IR;

- asfaltenele prin analiză röntgenografică. Metodologia aplicată am prezentat-o în anexa II, pag. 7.

Referitor la indicele de refracție prezint în continuare valorile indicate de literatură pentru hidrocarburile conținute de uleiurile din bitum:

- hidrocarburi parafinice:	1,425 - 1,440
- hidrocarburi aromatice monociclice:	1,447 - 1,470
- hidrocarburi aromatice biciclice:	1,465 - 1,490
- hidrocarburi aromatice triciclice:	1,480 - 1,528
- hidrocarburi aromatice policiclice:	1,565 - 1,610

precum și valorile masei moleculare medii pentru grupele principale de componenți conținuți de bitumuri:

- uleiuri:	500 - 900
- rășini:	1000 - 1200
- asfaltene:	2000 - 1500

Valorile sînt informative întrucît la separarea grupelor de componenți se obțin amestecuri complexe și nu componenți individuali /123/.

Sub acest aspect se consideră că numai o curbă de distribuție a componenților ar putea da o repartiție exactă a mărimii moleculelor componenților. Obținerea unei astfel de curbe de distribuție molară necesită însă o fracționare prealabilă foarte selectivă care se obține numai prin utilizarea cromatografiei prin permeabilitate pe gel de silice.

Metodologia aplicată am prezentat-o în anexa II, pag. 8.

### 2.2.3. Determinarea acidității bitumului

Metodele aplicate în cadrul tezei pentru determinarea componenților acizi din bitum, au urmărit:

- determinarea acidității organice cu indicator de culoare, utilizînd metoda British Standard /133/;

- determinarea acidității fenolice și carboxilice prin metoda potențiometrică /128/.

Stabilirea componentelor acizi prezintă o importanță deosebită în caracterizarea biturilor din punct de vedere al proprietăților de adezivitate și al capacității de emulsionare.

#### 2.2.4. Caracterizarea compoziției prin spectroscopie de absorbție în IR

Identificarea calitativă a grupărilor structurale existente în bitumuri și cu precădere a grupei carbonil am efectuat-o prin spectroscopie de absorbție în IR, unde /36/: domeniul spectral 700 - 3700  $\text{cm}^{-1}$  cuprinde benzile de absorbție corespunzătoare mișcărilor de vibrație care au loc în grupările structurale de tip parafinic, aromatic, carbonilic etc. /127/ întrucât:

- banda de absorbție de la 725  $\text{cm}^{-1}$  cuprinde vibrațiile în plan ale grupelor  $\text{CH}_2$  în catenele polimetilenice -  $(\text{CH}_2)_n$  - pentru n mai mare de 4. Intensitatea benzii depinde de lungimea catenei, crescând odată cu creșterea ei. Prezența unei benzi despicate la 725  $\text{cm}^{-1}$  arată existența hidrocarburilor parafinice cristalizabile;

- banda de absorbție de la 1380  $\text{cm}^{-1}$  corespunde vibrațiilor de deformare simetrice ale grupelor  $\text{CH}_3$ . Despicarea ei arată existența structurilor ramificate;

- banda de absorbție de la 1460  $\text{cm}^{-1}$  se datorește vibrațiilor de deformare în plan ale grupelor  $\text{CH}_2$ ;

- banda de absorbție de la 1600  $\text{cm}^{-1}$  corespunzătoare vibrațiilor de valență ale legăturilor  $\text{C} = \text{C}$  din nucleul aromatic, caracterizează majoritatea structurilor aromatice, mono, bi, poli, și heterociclice;

- benzile de absorbție ce apar în domeniul 1660-2000  $\text{cm}^{-1}$  caracterizează vibrațiile de valență ale grupelor carbonilice. Toate structurile cu oxigen, cu conținut de legături duble  $\text{C}=\text{O}$ , acizi, cetone, esteri, anhidride, aldehide etc, din seria ciclică, aciclică și aromatică prezintă în acest domeniu benzi de absorbție;

- în domeniul spectral 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$  apar benzile de absorbție datorate vibrațiilor de valență simetrice și asimetrice ale grupelor metil, metilen și metin, conținute de structurile saturate;

- în domeniul spectral 3000-3100  $\text{cm}^{-1}$  apar benzile co-  
răspunzătoare vibrațiilor de valență ale legăturilor =C-H conținute  
de structurile aromatice și alchenice.

Analiza prin spectrofotometrie de absorbție în IR pe care  
am aplicat-o biturilor și componentelor, hidrocarburi aroma-  
tice și rășini, am efectuat-o utilizând spectrofotometrul de ab-  
sorbtie în infra-roșu UR-20 Carl Zeiss - Jena, cu dublu fascicol și  
cu nul optic și ferestre de clorură de sodiu.

Pelicula de probă am realizat-o prin strângerea celor  
două ferestre între ele astfel ca grosimea să fie totdeauna aceeași.

Pe de altă parte utilizând soluții de probă în tetraclor-  
ură de carbon (concentrație 5 %) și cuve de NaCl am determinat  
absorbanța folosind tehnica liniei de bază:

- pentru asfaltene, între 1550  $\text{cm}^{-1}$  și 1800  $\text{cm}^{-1}$ , absor-  
banța fiind determinată pentru banda de 1700  $\text{cm}^{-1}$ ;

- pentru maltene, între 1550  $\text{cm}^{-1}$  și 1800  $\text{cm}^{-1}$ , absorban-  
ța fiind determinată pentru banda de 1740  $\text{cm}^{-1}$ .

În ambele cazuri absorbanța a fost calculată pe baza  
relației:

$$A = \ln \frac{I_0}{I} = k c d \quad \text{/II.6./}$$

unde:

k - coeficientul de absorbție;

c - concentrația probei în soluție;

d - grosimea stratului,

dedusă din legea lui Lambert Beer:

$$I = I_0 e^{-A} \quad \text{/II.7./}$$

În cazul biturilor reprezentative pentru rafinării,  
paralel cu absorbanța s-a determinat și coeficientul de absorbție  
folosind în analiză o concentrație de bitum de 2 % în cloroform.

### 2.3. Caracterizarea bitumului prin microscopie electronică

Vizualizarea structurii biturilor am realizat-o pe ba-  
za analizei electronoptice /27/ /30/. Utilizând un microscop de  
construcție sovietică tip EM-5 am realizat o mărire de 30.000 x  
astfel ca o lungime de 0,33  $\mu\text{m}$  de pe peliculă reprezintă 1 cm pe  
fotografie.

Aspectul structurii biturilor determinat prin  
microscopie electronica



Fig. II.3.18 - Rafinăria  
Vega

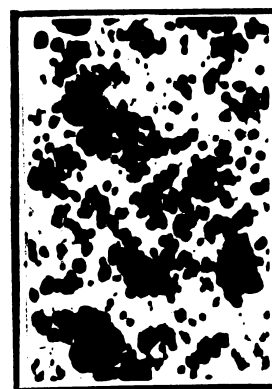


Fig. II.3.19 - Rafinăria  
nr.1 Ploiești



Fig. II.3.20 - Rafinăria  
Orșana



Fig. II.3.21 - Rafinăria  
Tulcea

Metoda am aplicat-o în cercetarea biturilor ca atare și în cercetarea biturilor îmbătrânite. Modul de lucru este prezentat în anexa II, pag. 8.

#### 2.4. Pata Oliensis

Pata Oliensis am determinat-o pe baza metodologiei prescise de norma AASHO T 102-57 /132/, în scopul de a evidenția dispersabilitatea componentelor ce alcătuiesc biturile, în solvențul nafta. Astfel:

- solubilizarea totală dă o imagine omogenă; testul este considerat negativ;

- solubilizarea parțială dă o imagine neomogenă, ca urmare formării a două cercuri concentrice diferite colorate. Testul este considerat pozitiv și arată că bitumul conține componente grei cu un raport C/H ridicat. Prezența lor se datorește fie unui proces de cracare produs la fabricație în timpul oxidării, sau în timpul prelucrării biturilor în instalațiile industriale de fabricare a mixturilor asfaltice, fie unui proces de îmbătrânire avansată a biturilor în exploatare.

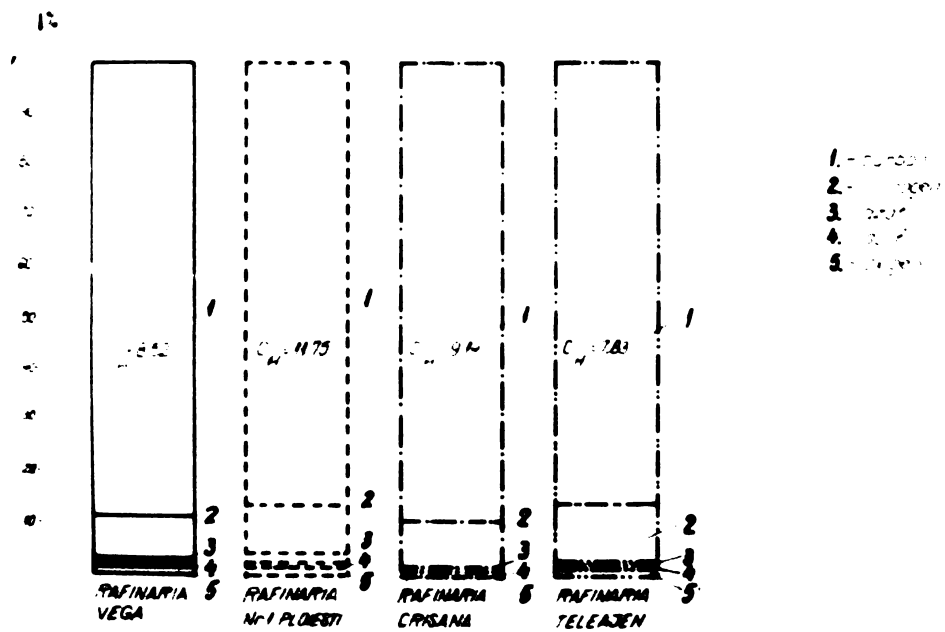
### 3. REZULTATELE PRIVIND CERCETAREA COMPOZIȚIEI

#### 3.1. Compoziția elementară

Elementele care intră în compoziția biturilor cercetate în lucrare le-am determinat examinând probele medii reprezentative pentru rafinării. Rezultatele obținute înscrise în tabelul 1 (anexa II, pag. 3); fig. II. 3.1., au marcat prin conținutul ridicat în carbon și hidrogen, natura organică a biturilor, iar prin raportul dintre ele, diferențieri între bituri, în funcție de originea țiteiului prelucrat. Prin aceste valori am desprins că:

- biturile neparafinoase se caracterizează printr-un raport C/H mai ridicat, ceea ce indică în compoziția biturilor un procent mai mare de componente grei mai săraci în hidrogen și de asemenea că dintre toate biturile neparafinoase conținutul cel mai ridicat îl atestă bitumul fabricat de rafinăria Ploiești, al cărui raport depășește pe al celorlalte, iar conținutul cel mai scăzut, bitumul fabricat de rafinăria Vega a cărui valoare este mai redusă;

**Fig. 3.1** COMPOZIȚIA ELEMENTARĂ A PROBELOR MICH DE BITUMI REPREZENTATIVE PENTRU RAFINERII





- bitumurile parafinoase se caracterizează printr-un raport C/H inferior bitumurilor neparafinoase, ceea ce relevă prezența în bitumuri a unei cantități mai mari de componente cu conținut mai ridicat în hidrogen.

Prezența sulfului și azotului relevă existența în bitumuri a componentelor heteroatomici cu structură complexă; oxigenul, a grupărilor acide, iar metalele a componentelor organo metalici dar fiecare dintre ele fiind distribuite diferențiat în bitumuri semnaleză în mod similar carbonului și hidrogenului, o compoziție proprie fiecărui bitum care depinde de originea țițeiului, întrucât azotul și sodiul predomină în bitumurile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești; calciul în bitumul fabricat de rafinăria Crișana și nichelul în cel fabricat de rafinăria Teleajen.

Analiza metalelor mi-a mai permisă evidențiez oă aceste elemente se concentrează în componentii grei ai bitumului șică procentul cel mai ridicat îl atestă asfaltenele corespunzătoare bitumurilor parafinoase.

Toate aceste rezultate deosebit de utile, dând elementele de bază din constituția bitumului, m-au îndreptățit să afirm că fiecare țiței prelucrat de rafinării constituie o sursă proprie de bitumuri și în acest fel să obțin date de caracterizare ale producției curente de bitum.

### 3.2. Compoziția pe grupe de componente asemănători

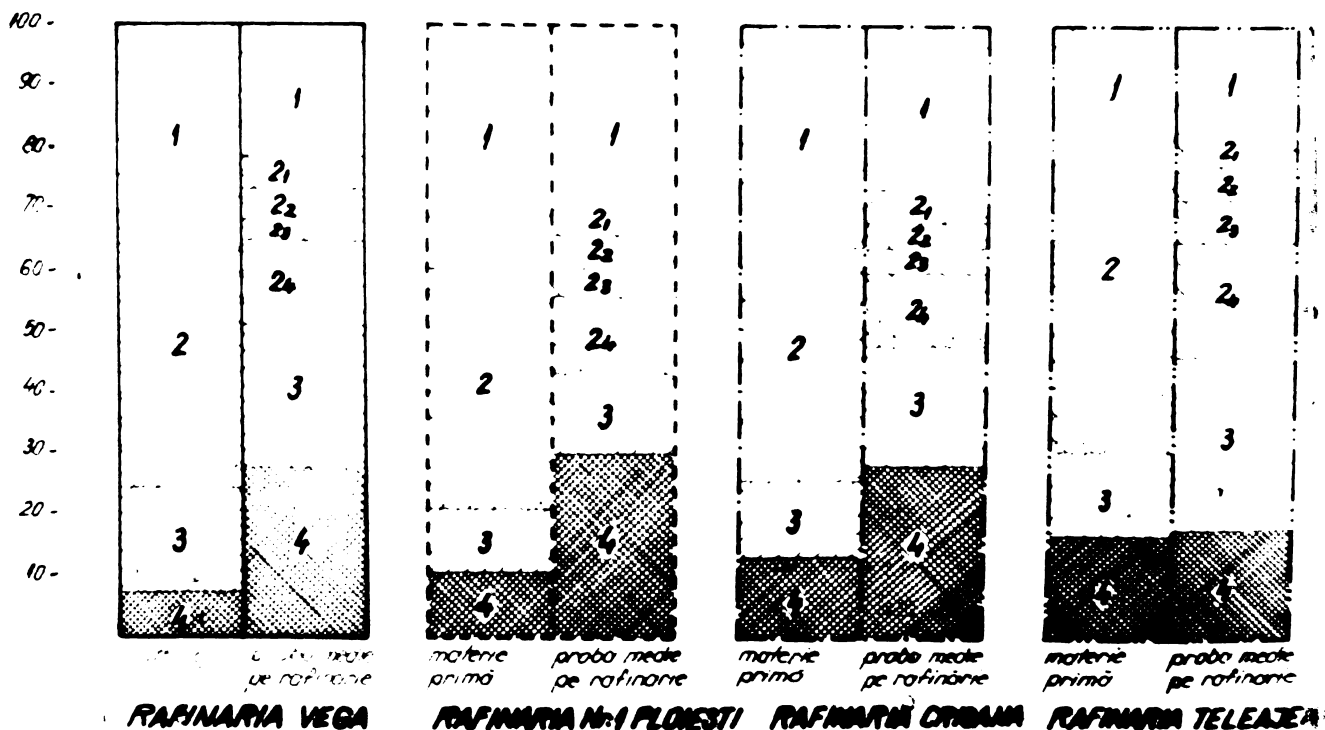
Analiza compoziției determinată prin separarea grupelor de componente asemănători conținuți de bitumuri am efectuat-o atît asupra materiilor prime de fabricație, prelucrate de rafinării, oît și asupra probelor de bitum prelevate de la rafinării sau obținute prin amestec în laborator.

Efectuînd aceste analize am urmărit determinarea conținutului fiecăruia dintre componentii principali ce îl alcătuiesc; în ce măsură rafinările realizează în producția curentă de bitum o constanță a compoziției și modul în care materia primă transmite caracteristicile ei bitumurilor.

Față de cele urmărite analiza am efectuat-o în cele două variante menționate la pct. 2.2.2. respectiv pe patru și pe șapte componente.

**Fig. D. 3.2 COMPOZITIA PE GRUPE DE COMPONENTI A MATERIEI PRIM SI A PROBELOR DE BITUM MEDII REPREZENTATIVE PENTRU RAFINARII**

- 1 - hidrocarburi saturate
- 2 - hidrocarburi aromatice
- 2<sub>1</sub> - hidrocarburi aromatice monociclice
- 2<sub>2</sub> - hidrocarburi aromatice biciclice
- 2<sub>3</sub> - hidrocarburi aromatice triciclice
- 2<sub>4</sub> - hidrocarburi aromatice policiclice
- 3 - rasin
- 4 - asfaltene



3.2.1. Compoziția pe grupe de componente asemănători a materiei prime

Probele de materie primă pentru analiză le-am prelevat din blazul de oxidare al fiecărei rafinării, la alimentare.

Din analiza rezultatelor obținute prezentate în tabelul II.3.2. și fig. II.3.2. am stabilit că produsele de prelucrare ale fiecărei rafinării atestă ca și țiteiurile respective caracteristici proprii diferențiate între ele în funcție de proveniență, întrucât:

Compoziția materiei prime de fabricație a biturilor

Tabelul II.3.2.

Grupe de componente	Materia primă de la rafinăria:			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
Hidrocarburi saturate, %	33,3	39,3	36,0	17,7
Hidrocarburi aromatice, %	42,3	39,3	37,9	51,9
Rășini, %	16,7	10,7	12,9	13,3
Asfaltene, %	7,5	10,7	13,2	17,1
Raport rășini/asfaltene	2,22	1,00	0,92	0,77
Coeфициent de dispersie	1,45	1,00	1,03	1,87

- materia primă de fabricare a biturilor neparafinoase atestă un conținut mai ridicat în hidrocarburi saturate și mai redus în asfaltene și diferențiat de la o rafinărie la alta. Luând în considerare conținutul de asfaltene, rezultatele pun în evidență că materia primă prelucrată de rafinăria Crișana care este mai viscoasă este și cea mai bogată în asfaltene, în timp ce materia primă prelucrată de rafinăria Vega este mai săracă. În cazul rafinării nr. 1 Ploiești se remarcă un conținut crescut în hidrocarburi saturate, componente care în cazul bitumului fabricat de rafinăria Vega se găsesc în cantitatea cea mai scăzută. Explicația acestei diferențieri de compoziție consider că poate fi dată pentru materia primă prelucrată de rafinăria Crișana de consistența țiteiului iar în cazul celei prelucrate de rafinăria nr. 1 Ploiești de faptul că amestecul de prelucrare conține și păcură, care este mai bogată în hidrocarburi saturate;

.. // ..

- materia primă de fabricare a bitumului parafinos fiind un amestec de doi componenți cu consistențe diferite, semigudron desuleiat vâscos și asfalt masă fluidă atestă un conținut ridicat de asfaltene și hidrocarburi aromatice și redus de hidrocarburi saturate. Caracteristicile de compoziție ale acestei materii prime arată totodată că datorită conținutului mai ridicat în componenți grei consistența este mai mărită comparativ materiilor prime neparafinoase, în timp ce caracteristicile de structură exprimate prin raportul rășini/asfaltene și coeficient de dispersie evidențiază un grad de dispersie al asfaltenei mai avansat. Faptul poate fi explicat prin conținutul mărit de hidrocarburi aromatice care împreună cu rășinile însumează 65 %, ceea ce favorizează buna peptizare a asfaltenei.

Analiza compoziției materiei prime ca element intermediar de caracterizare a biturilor după origine mi-a dat posibilitatea pe de o parte, de a caracteriza produsele care le prelucrează rafinările și pe de alta să stabilesc elementele și modul cum influențează condițiile de fabricație a biturilor, procesul de transformare al componenților.

3.2.2. Compoziția pe grupe de componenți asemănători a bitumului

Analiza rezultatelor obținute prin separarea pe grupe de componenți a biturilor, prezentate în tabelul II.3.3. și fig. II.3.2, m-a condus, urmărind în paralel și rezultatele înscrise în tabelul II.3.2., la concluzia că:

Compoziția probelor medii de bitum reprezentative

pentru rafinării

Tabelul II.3.3.

Caracteristici	Bitum de la rafinăria:			
	Vega	nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
Hidrocarburi saturate, %	21,3	29,0	26,8	17,4
Hidrocarburi aromatice, % :				
- monociclice	5,3	4,9	4,7	5,0
- biciclice	4,9	5,3	4,8	5,9
- triciclice	4,5	4,5	3,8	6,5
- policiclice	12,9	12,8	11,2	19,1
Rășini, %	23,3	13,0	20,6	27,8
Asfaltene, %	27,8	30,5	28,1	18,3
CD	1,04	0,68	0,82	1,80
Raport rășini/asfaltene	0,84	0,43	0,73	1,52
IC	1,77	2,87	2,14	1,13

- materiile prime în timpul fabricării biturilor suferă modificări de compoziție mai mult sau mai puțin importante, în funcție de condițiile aplicate la prelucrare deoarece:

. oxidarea de lungă durată aplicată materiilor prime neparafinoase impusă de fluiditatea lor mai mare, produce modificări importante de compoziție. Acestea se materializează prin scăderea conținutului în hidrocarburi saturate și aromatice și prin creșterea conținutului în rășini și în special de asfaltene;

. oxidarea cu o durată redusă, aplicată de rafinăria Teleajen materiei prime parafinoase impusă de consistența ridicată, afectează într-o măsură mai redusă compoziția, iar transformările apar mai importante numai la nivelul rășinilor;

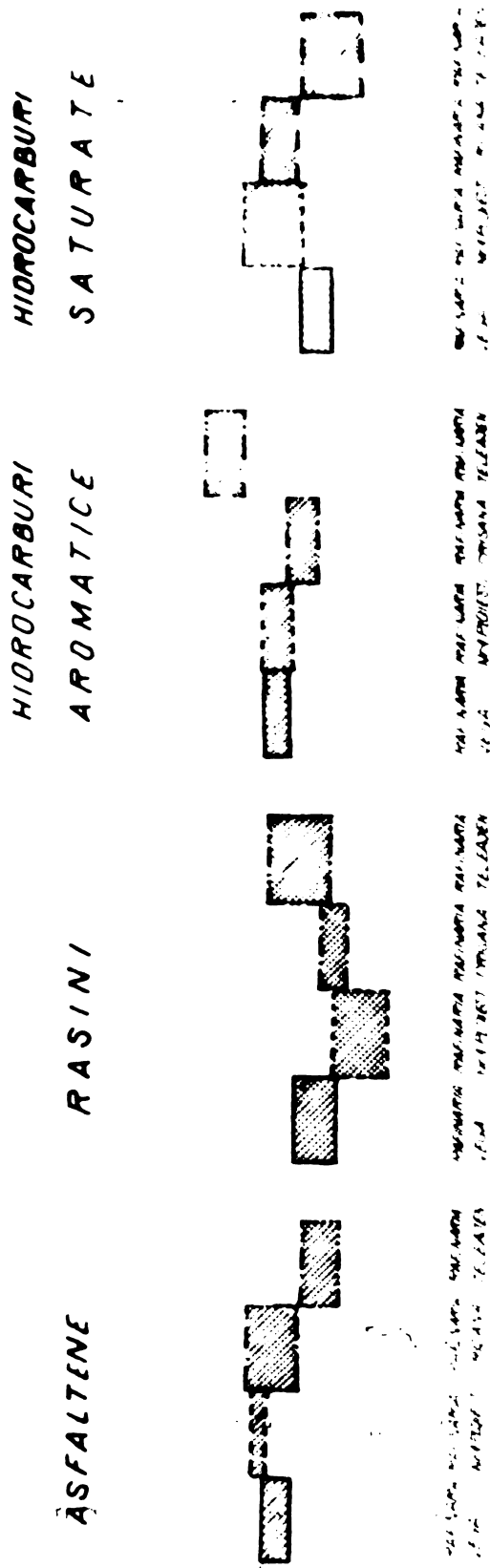
. transformările exprimate procentual le-am înscris în tabelul II.3.4. pentru a arăta intensitatea modificărilor. Acestea fiind determinate și de natura materiei prime rezultatele au evidențiat că cea mai afectată la prelucrare este materia primă utilizată de rafinăria Vega care provine dintr-un amestec mult mai complex de țițeiuri decât celelalte materii prime neparafinoase dat fiind că atestă cea mai mare creștere a asfaltenelor.

Tabelul II.3.4.

Modificarea compoziției materiei prime de obținere a biturilor prin oxidare

Specificații	R a f i n ă r i a :			
	Vega	nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
1	2	3	4	5
Asfaltene în materia primă, %	7,5	10,7	13,2	17,1
Asfaltene în bitum, %	27,8	30,5	28,1	18,3
Creșterea conținutului în asfaltene, %	270,0	185,0	113,0	7,0
Hidrocarburi aromatice în materia primă, %	42,3	39,3	37,9	51,9
Hidrocarburi aromatice în bitum, %	27,6	27,4	24,5	36,5
Reducerea conținutului de hidrocarburi aromatice, %	34,7	30,0	35,4	29,7

**Fig. N. 3.22 COMPOZITIA BITUMINILOR**  
**LIMITELE DE VARIATIE ALE GRUPELOR DE COMPONENTI**



1.	2	3	4	5
Rășini în materia primă, %	16,7	10,7	12,9	13,3
Rășini în bitum, %	23,3	13,0	20,6	27,8
Creșterea conținutului în rășini, %	39,5	21,5	59,7	109,0

- materia primă transferă bitumului caracteristicile proprii, deoarece bitumurile neparafinoase ca și materia primă menține conținutul mai ridicat de hidrocarburi saturate, iar bitumul parafinos similar materiei prime menține un conținut scăzut în acești componenți.

Din analiza comparativă a rezultatelor obținute la determinarea compoziției probelor de bitum reprezentative pentru rafinării, am mai stabilit de asemenea că:

- bitumurile neparafinoase se caracterizează prin conținut mai ridicat în hidrocarburi saturate și asfaltene și mai redus în hidrocarburi aromatice policiclice și rășini, în timp ce bitumurile parafinoase se caracterizează prin conținut mai scăzut de hidrocarburi saturate și asfaltene și mai crescut în hidrocarburi aromatice tri și policiclice și rășini.

Aceste constatări mi-au dat posibilitatea să caracterizez bitumurile neparafinoase ca mai rezistente la îmbătrânire comparativ celor parafinoase și că dintre ele cele mai rezistente sînt cele fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești;

- indicii de structură deduși din compoziție: raport rășini/asfaltene, coeficient de dispersie, CD și indice de instabilitate coloidală, IC, caracterizează bitumurile neparafinoase ca atestînd stări coloidale mai gel, iar pe cele parafinoase ca atestînd o dispersie mai avansată a asfaltenelor și arată că dintre bitumurile neparafinoase cele fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești sînt mai gel decît cele fabricate de rafinăria Crișana, iar ambele mai gel decît cele de la rafinăria Vega. Caracterizarea structurii prin compoziție m-a condus la concluzia că bitumurile neparafinoase manifestă caracteristici de comportare, sub solici-tări, superioare celor parafinoase deși acestea din urmă atestă un conținut mai ridicat de rășini și hidrocarburi aromatice policiclice care le conferă avantajul de a fi mai ductile decît celelalte.

# APLUS COMPOZITIA BITUMINILOR

HIDROCARBURI SATURATE SI AROMATICE

ASFALTENE

RAFINARIA TELEAJEN

RAFINARIA VEGA

RAFINARIA M-1 FLORESI

RAFINARIA CARSIANA





Din analiza compoziției probelor curente de bitum și a probelor medii, ale căror rezultate sînt înscrise în tabelul II.3.5. (anexa II, pag. 4) și fig. II.3.22, am stabilit repartitia celor patru grupe de componente și astfel am caracterizat bitumurile fiecărei rafinării. Inscrind datele obținute în graficul ternar din fig. II.3.23, am evidențiat că bitumurile românești cercetate deși atestă caracteristici apropiate, se diferențiază între ele și în special în funcție de natura naftenică sau parafinoasă a țîțeiurilor din care provin.

### 3.2.3. Caracterizarea grupelor de componente

Identificarea și caracterizarea grupelor de componente cu proprietăți asemănătoare separate din bitum am efectuat-o pe baza metodelor fizice prezentate în continuare.

#### 3.2.3.1. Indicele de refracție

Indicele de refracție determinat la 20°C,  $n_D^{20}$ , confirmă componenții incolori din maltene ca fiind aceiași pentru toate bitumurile întrucît valorile obținute din analiză sînt foarte apropiate între ele, așa cum rezultă din datele înscrise în tabelul I.3.6.

#### Indicele de refracție al fracțiunilor de hidrocarburi saturate și aromatice conținute de bitum și materia primă

Tabelul II.3.6.

Specificații	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
<u>Materia primă</u>				
- hidrocarburi saturate	1,430	1,437	1,435	1,431
<u>Bitum</u>				
- hidrocarburi saturate	1,439	1,437	1,440	1,435
- hidrocarburi aromatice:				
- monociclice	1,468	1,452	1,470	1,469
- biciclice	1,489	1,480	1,485	1,483
- triciclice	1,485	1,487	1,486	1,483
- policiclice	1,520	1,526	1,528	1,521

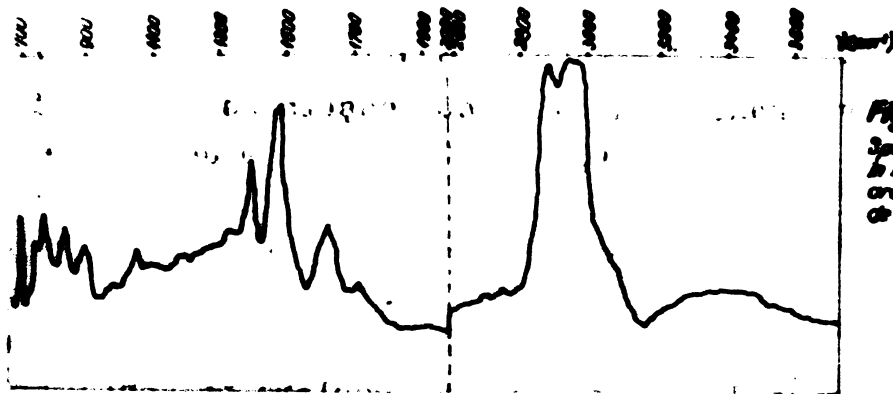
# APILIS COMPOSITIA BITUMINULOR

HIDROCARBURI SATURATE SI AROMATICE

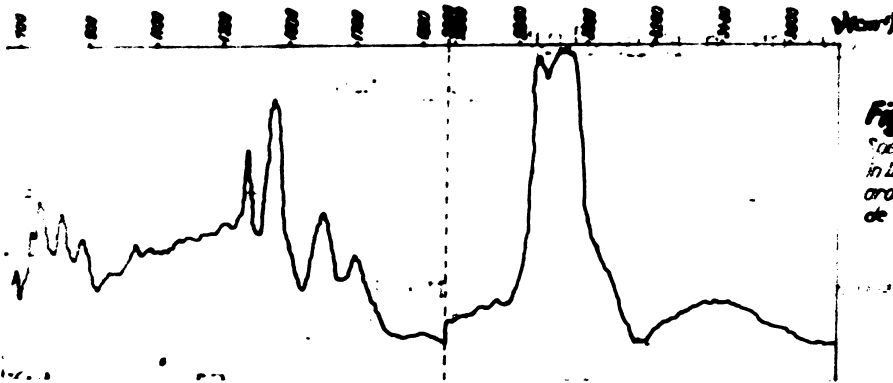
ASFALTENE



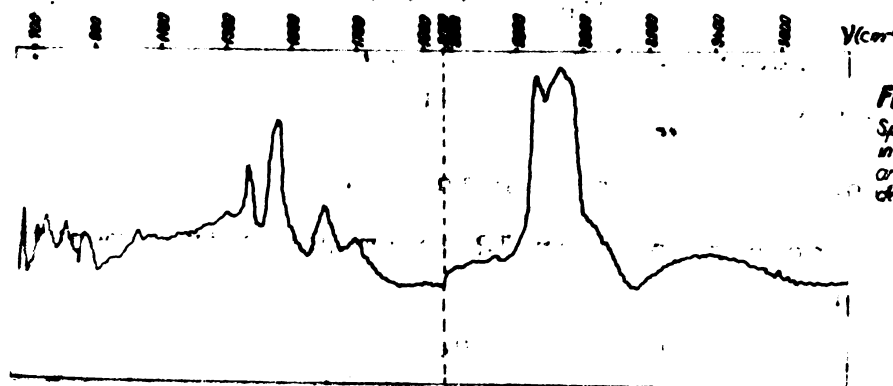
- POLIAROMATIA TEIEADEN
- POLIAROMATIA VEBA
- POLIAROMATIA AROMATICE
- POLIAROMATIA CARBONA



**Fig. II.33**  
Spectrul de absorbție  
în IR al hidrocarburilor  
aromatice din bitumul  
de la Rafinaria Vega



**Fig. II.34**  
Spectrul de absorbție  
în IR al hidrocarburilor  
aromatice din bitumul  
de la Rafinaria Craiova



**Fig. II.35**  
Spectrul de absorbție  
în IR al hidrocarburilor  
aromatice din bitumul  
de la Rafinaria Telecea

Cu privire la hidrocarburile saturate, identitatea componentilor se confirmă și pentru componenții conținuți de materia primă.

Rezultatele obținute arată prin valoarea indicelui diferitelor grupe de componenți analizate că aceștia se înscriu în limitele semnalate în literatură (pct. 2.2.2.). Față de aceste rezultate am apreciat că fiecare dintre componenții analizați sînt similari celor conținuți de bitumurile din alte țări.

### 3.2.3.2. Masa moleculară

Valorile de analiză ale masei moleculare prezentate în tabelul II.3.7. mi-au permis să caracterizez componenții fracțiilor obținute la separarea cromatografică a maltenelor ca fiind alcătuiți din compuși chimici apropiați, mai ușori în grupa hidrocarburilor saturate și aromatice și mai grei în aceea a rășinilor.

#### Masa moleculară a grupelor de componenți conținuți de maltenele bitumurilor cercetate

Tabelul II.3.7.

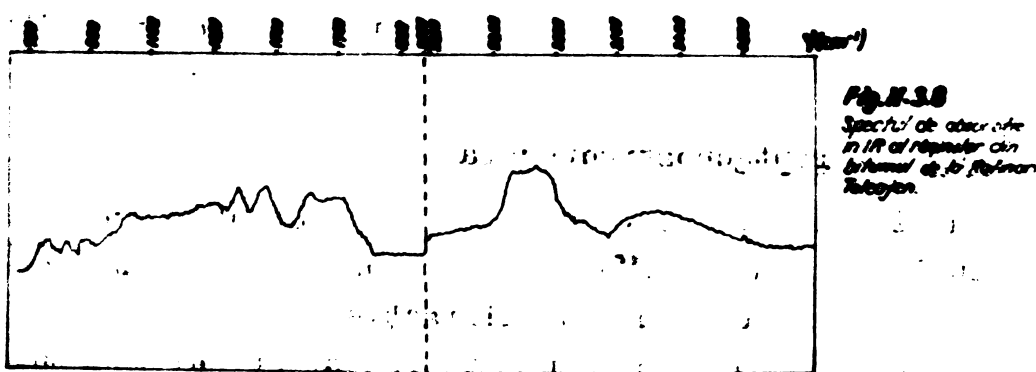
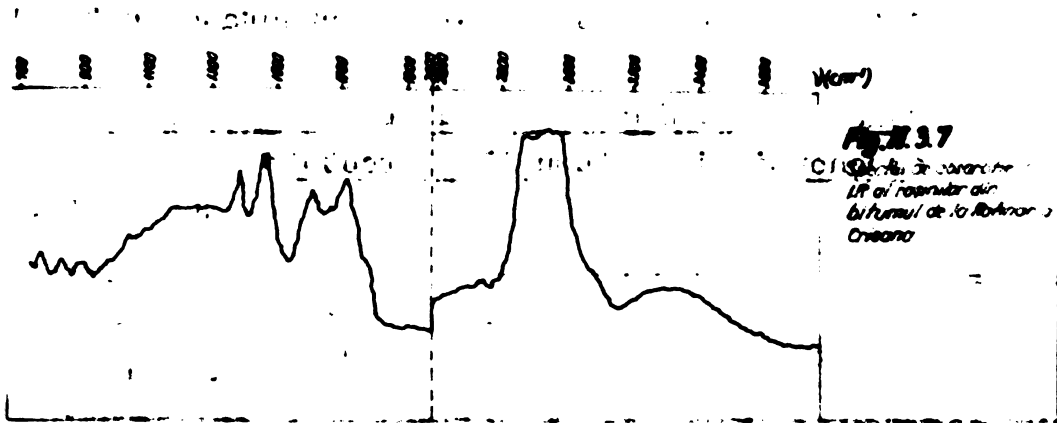
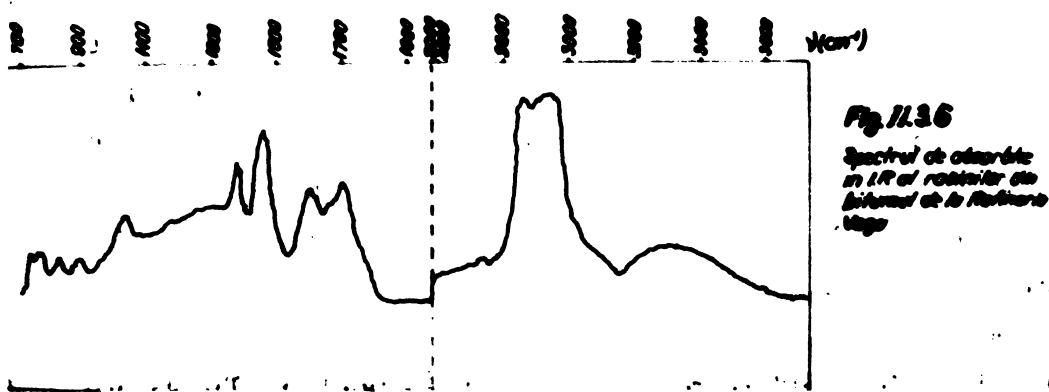
Grupa de componenți	R a f i n ă r i ă :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
Hidrocarburi saturate	662	526	510	597
Hidrocarburi aromatice	631	544	590	639
Rășini	865	910	930	850

Ca ordin de mărime rezultatele obținute pentru fracția uleiurilor - hidrocarburi saturate și aromatice - se situează în limitele valorilor de 500-900 indicate de literatură și semnalate la pct. 2.2.2. pentru aceștia, dovedind și pe această cale că bitumurile sînt alcătuite din componenți similari.

### 3.2.3.3. Spectrofotometrie de absorbție în IR

Spectrele de absorbție în IR le-am determinat pentru grupele de hidrocarburi aromatice și rășini extrase din bitumurile de la rafinările Vega, Crișana și Teleajen.

Spectrogramele prezentate în fig. II.3.3. - II.3.5. și în fig. II.3.6. - II.3.8. mi-au permis să evidențiez că fracțiunea



hidrocarburilor aromatice pentru toate bitumurile este alcătuită din tipuri similare de structuri alchil-aromatice cu conținut redus în grupe carbonil, iar fracțiunea de rășini, din structuri alchil-aromatice cu un conținut relativ ridicat în grupe carbonil care este variabil în limite restrânse de la un bitum la altul, precum și un conținut în grupe C-H mai mic decât în cazul hidrocarburilor aromatice.

Absorbanta determinată asupra grupelor de maltene și asfaltene a bitumurilor mi-a dat posibilitatea să relev că numărul grupărilor carbonilice din maltene este mai scăzut decât în asfaltene și în același timp că prezența acestor grupări în compoziția fracțiunilor extrase din bitumul de la rafinăria Teleajen este mai redusă decât la celelalte. Rezultatele sînt prezentate în tabelul II.3.8.

Absorbanta determinată pentru grupele principale de componenți din bitumurile cercetate

Tabelul II.3.8.

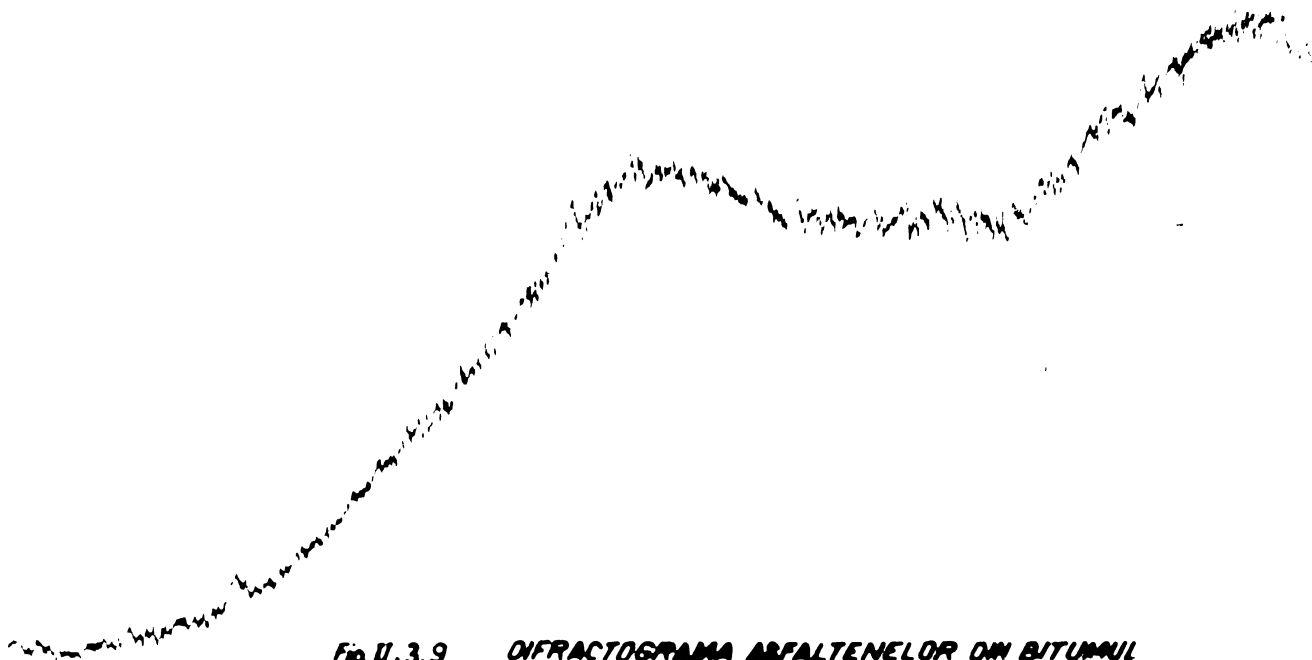
Grupa de componenți	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
Maltene	0,046	0,036	0,061	0,025
Asfaltene	0,064	0,082	0,075	0,039

Aceste rezultate similar celor anterioare mi-au confirmat că grupele principale ce alcătuiesc bitumurile de drumuri sînt amestecuri de componenți de același tip, care diferențiază bitumurile după proveniență prin raportul lor cantitativ.

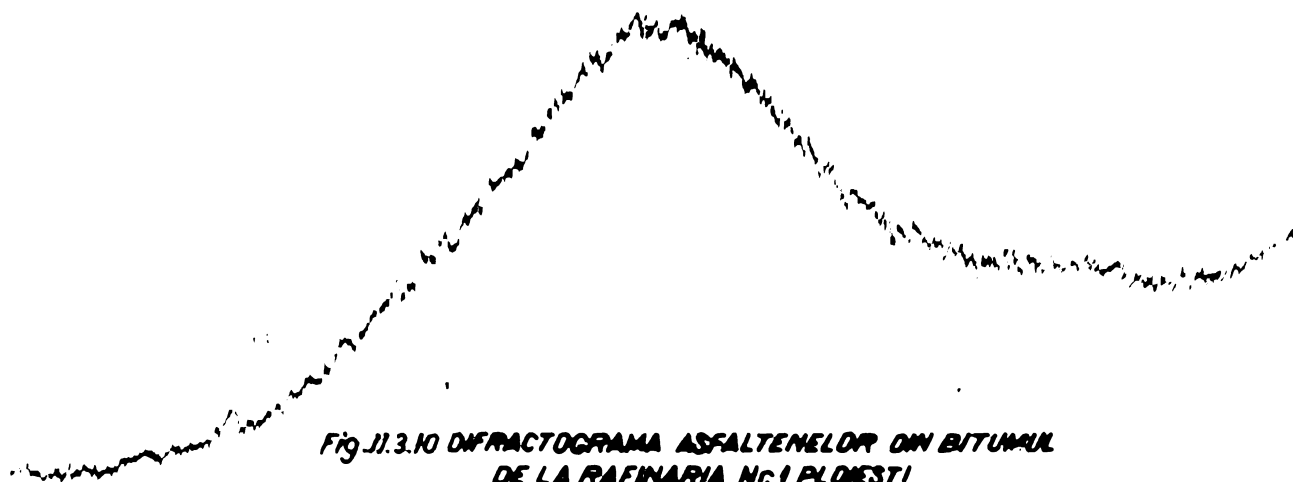
3.2.3.4. Analiza röntgenostructurală

Analiza röntgenostructurală am efectuat-o pentru detectarea structurii fine a componenților din asfaltene. Rezultatele au arătat lipsa efectelor evidente de difracție .

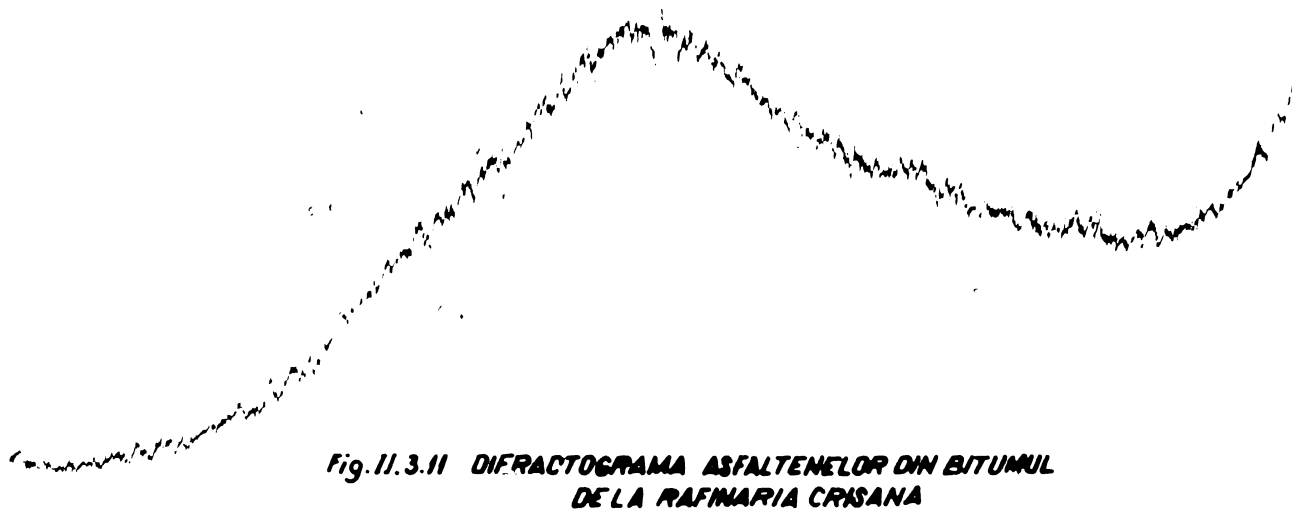
Difractogramele corespunzătoare asfaltenelor bitumurilor de la rafinările Crișana și nr. 1 Ploiești prezentate în fig. II.3.10 și II.3.11. arată o ușoară tendință de producere a unui pic în jurul valorii de 4,70 Å pînă la 4,60 Å fără a indica însă un efect de difracție evident cum se produce în cazul substanțelor



**Fig. II.3.9 DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITUMUL  
DE LA RAFINARIA VEGA**



**Fig. II.3.10 DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITUMUL  
DE LA RAFINARIA Nr. 1 PLOESTI**



**Fig. II.3.11 DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITUMUL  
DE LA RAFINARIA CRISANA**

oristaline.

Difractogramele corespunzătoare asfaltenelor separate din bitumurile de la rafinăriile Vega și Teleajen arătate în fig. II.3.9. și II.3.12. prezintă un aspect general similar celorlalte, dar indică prezența unui efect de intensitate mică-mijlocie în jurul valorii de  $4,13 \text{ \AA}$  și respectiv  $4,12 \text{ \AA}$ , dar și în acest caz rezultatele nu semnalează efecte de difracție specifice.

Față de aceste rezultate am tras concluzia că asfaltelele conținute de toate bitumurile sînt substanțe amorse.

### 3.3. Aciditatea biturilor

Conținutul biturilor în componenți acizi exprimat prin aciditatea organică, fenolică și carboxilică, l-am prezentat în fig. II.3.13.

Rezultatele mi-au permis să evidențiez că numărul de grupări acide este diferit de la un bitum la altul în funcție de proveniență și că cele mai acide sînt bitumurile neparafinoase. Dintre ele cel fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești se caracterizează printr-o aciditate mai mare decît a celui fabricat de rafinăria Crișana iar acesta de acelaia fabricat de rafinăria Vega. Aceste rezultate concordă caracteristicilor de adezivitate întrucît bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești care atestă aciditatea cea mai mare este superior din punct de vedere al adezivității celorlalte, așa cum arată datele înscrise în tabelul II.3.9.

#### Aciditatea biturilor

Tabelul II.3.9.

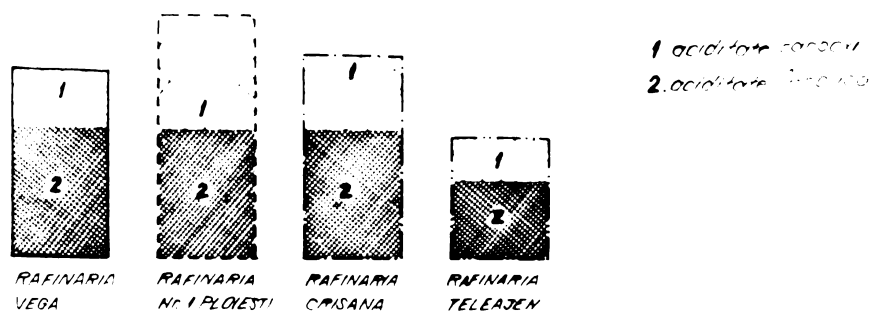
Caracteristici	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
<u>Aciditatea determinată cu indicator de culoare</u>				
- aciditatea organică, mg KOH/g	1,10	1,51	1,22	0,15
<u>Aciditatea determinată potențiometric</u>				
- aciditatea carboxilică, mg KOH/g	1,23	2,42	1,65	0,88
- aciditate fenolică, mg KOH/g	2,66	2,67	2,68	1,67
- aciditatea totală, mg KOH/g	3,89	5,09	4,33	2,55





**Fig. II.3.12** DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITURUL DE LA RAFINARIA TELEAJEN

**Fig. II.3.13** ACIDITATEA BITURURILOR DETERMINATA POTENTIOMETRIC PE PROBELE MEDII REPREZENTATIVE PENTRU RAFINARII



### 3.4. Caracterizarea compoziției biturilor prin spectrofotometrie de absorbție în IR

Caracterizarea calitativă a biturilor prin spectrofotometrie de absorbție în IR mi-a permis să arăt prin spectrofotogramele înscrise în fig. II.3.14. - II.3.17. că biturile ca și fracțiunile separate din bituri atestă structură asemănătoare între ele. Prezența aceluiași benzi dovedește că toate biturile sînt alcătuite din aceleași tipuri de grupări structurale: hidrocarburi saturate, hidrocarburi aromatice și compuși carbonilici de diferite tipuri, în timp ce intensitatea de absorbție variabilă, diferențierile cantitative dintre grupări.

Coeficientul de absorbție calculat pe baza relației II.7. ale cărui valori sînt înscrise în tabelul II.3.10. caracterizează bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești ca fiind cel mai bogat în produși de oxidare de tip carbonilic, iar bitumul de la rafinăria Teleajen ca cel mai sărac ca urmare condițiilor caracteristice de prelucrare ale fiecăruia.

#### Coeficientul de absorbție determinat pentru bituri

Tabelul II.3.10.

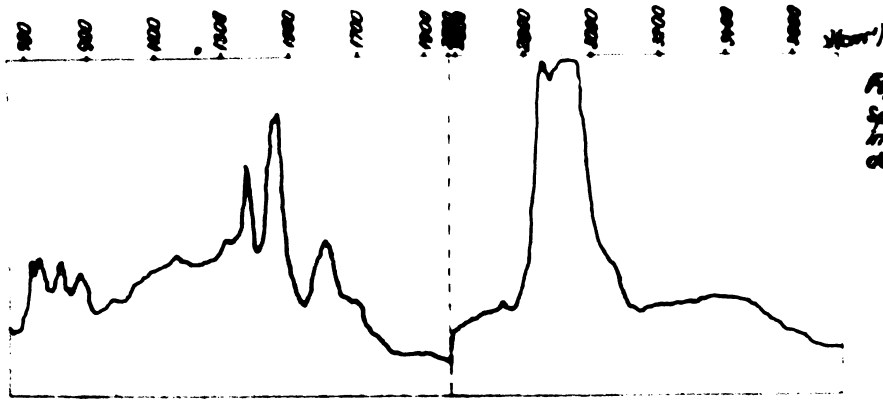
Caracteristici	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
Coeficient de absorbție	0,1808	0,2237	0,2023	0,0883

Prin rezultatele obținute, deși calitative, analiza spectrală mi-a permis, ca urmare diferențierilor apărute în spectrofotograme să afirm că biturile fabricate de diferitele rafinării deși sînt asemănătoare ca alcătuire, ele nu sînt aceleași întrucît raportul cantitativ al componentelor variază de la unul la altul.

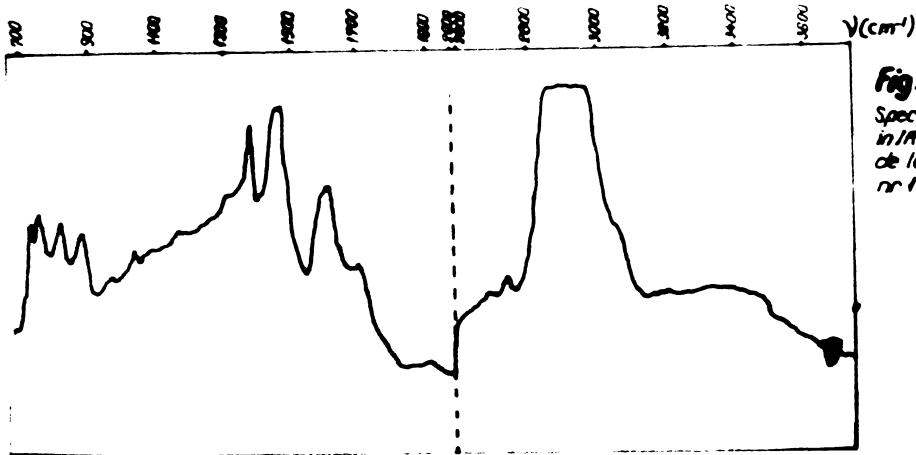
### 3.5. Caracterizarea biturilor prin microscopie electronică

Prin analiza electronoptică am evidențiat o structură complexă pentru toate biturile și un aspect heterogen.

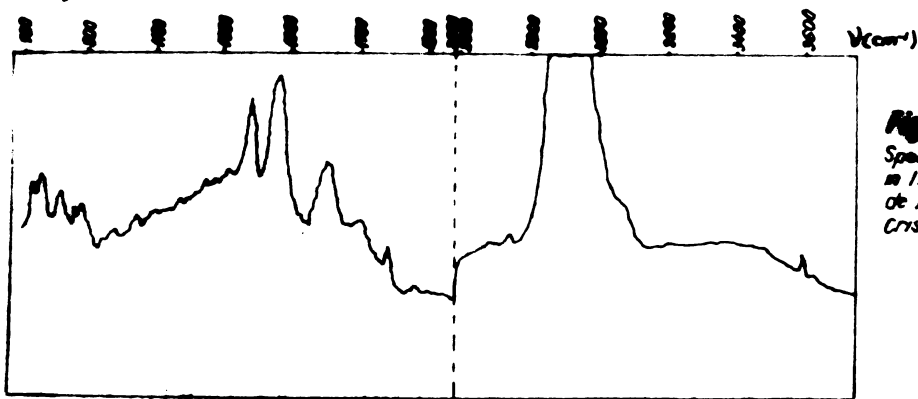
Electronogramele prezentate în fig. II.3.18. - II.3.21. arată un fond de particule difuz, continuu, cu margini slab contu-



**Fig. II.3.14**  
Spectrul de absorbție  
în IR al bitumului  
de la Rafinaria Vega



**Fig. II.3.15**  
Spectrul de absorbție  
în IR al bitumului  
de la Rafinaria  
nr. 1 Ploiesti



**Fig. II.3.16**  
Spectrul de absorbție  
în IR al bitumului  
de la Rafinaria  
Crisana



**Fig. II.3.17**  
Spectrul de absorbție  
în IR al bitumului de  
la Rafinaria Telega

rate, a căror dimensiuni variază între  $0,01 \mu\text{m}$  și  $0,002 \mu\text{m}$ . Pe acest fond comun tuturor biturilor, imaginile electronooptice ale biturilor de la rafinările Vega, nr. 1 Ploiești, Crișana și Teleajen, indică prezența unor microparticule numeroase, cu forme rotunjite, bine precizate, de dimensiuni pînă la  $0,05 - 0,06 \mu\text{m}$ .

Aglomerările sînt mai pronunțate la bitumul de la rafinările nr. 1 Ploiești și Crișana indicînd o structură mai formată și mai reduse la bitumul de la rafinările Vega și mai ales de la Teleajen, indicînd un grad de peptizare mai avansat al asfaltenelor acestor bitumuri.

### 3.6. Pata Oliensis

Imaginea lăsată de soluția de bitum în solvenț nafta mi-a permis să dovedesc, așa cum rezultă din fig. IV.3.28. lipsa elementelor de cracare, fiind pentru toate biturile negative.

Față de această constatare am tras concluzia că efectele de oxidare din procesul de fabricare al biturilor nu au fost excesive astfel încît să se producă degradarea.

### 3.7. Interpretarea statistică a rezultatelor analizei compoziției pe grupe de componente asemănători

Caracterizarea biturilor prelevate periodic de la rafinării, cu privire la compoziție, pe baza unui calcul statistic al rezultatelor mi-a permis să caracterizez producția curentă de bitum și să fac următoarele observații:

- biturile atestă o compoziție proprie și caracteristică pentru rafinăria producătoare;

- gradul de împrăștiere față de rezultatele obținute, (înscrise în tabelul II.3.11, anexa II, pag. 5) exprimat prin dispersie, abaterea medie patratică, coeficientul de variație și amplitudinea împrăștierei pentru fiecare dintre componentii principali separați din bitumuri este relativ redus și mi-a permis să confirm în mod similar rezultatelor obținute din încercările curente, o omogenitate în fabricația biturilor.

#### 4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA CARACTERIZAREA COMPOZIȚIEI BITUMURILOR FABRICATE DIN ȚIȚEIURI ROMANEȘTI

Investigațiile efectuate în cadrul tezei asupra compoziției bitumurilor românești au urmărit o caracterizare mai amplă după o schemă de analiză complexă.

În acest sens lucrările le-am desfășurat avînd în vedere determinarea elementelor de constituție și a tipurilor de grupări existente precum și a conținutului în componenți cu proprietăți asemănătoare inclusiv a conținutului în componenți ce conțin grupări funcționale cu rol mai important în comportare. Am sosit ca rezultatele obținute să-mi dea posibilitatea să caracterizez bitumurile și să delimitez domenii de variație proprii caracteristicilor principale în funcție de proveniență și totodată să stabilesc o bază, justificată științific, pentru aprecierea caracteristicilor de structură și implicit de comportare.

Această schemă lărgită a fost impusă de necesitatea unei caracterizări mai aprofundată, întrucît lianții bituminoși sub aspect microscopic unitari sînt alcătuiți dintr-o multitudine de componenți cu caracteristici diferențiate așa fel legați între ei încît pe nici o cale nu pot fi izolați fără degradare.

Din determinările de compoziție efectuate am evidențiat următoarele:

- toate bitumurile sînt constituite din aceleași elemente. Conținutul ridicat în carbon și hidrogen a confirmat alcătuirea preponderentă din hidrocarburi și derivații acestora iar valoarea raportului dintre ele, o compoziție diferențiată după proveniență și în special după natura naftenică sau parafinică a țiteiului. În acest sens prin rezultatele obținute am arătat în compoziția bitumurilor neparafinoase o proporție mai mare de componenți mai grei și în special în cazul bitumului fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești, comparativ celor parafinoase;

- toate bitumurile sînt alcătuite din aceleași tipuri de grupări: hidrocarburi saturate, hidrocarburi aromatice și compuși carbonilici de diferite tipuri. Din intensitatea de absorbție, diferențiată de la un bitum la altul, marcată de spectrogramele în IR, am stabilit că fiecare dintre componenții conținuți de bitumuri se găsesc în cantități diferite;

- compoziția pe grupe de componenți asemănători și a componenților cu grupări caracteristice mi-a permis să evidențiez

că bitumurile atestă caracteristici de compoziție variabile în limite restrânse dar proprii fiecăruia și totodată să relev că bitumurile neparafinoase se grupează între ele fiind mai asemănătoare, comparativ celor parafinoase, deoarece:

. atestă o proporție mai ridicată de hidrocarburi saturate și asfaltene și mai reduse de hidrocarburi aromatice și rășini. În funcție de proveniență diferențierile deși reduse caracterizează bitumurile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești prin conținut mai ridicat din ambii componenți și pe cele de la rafinăria Vega cu un conținut mai scăzut decât celelalte;

. bitumurile parafinoase se caracterizează prin conținutul cel mai ridicat în hidrocarburi aromatice și rășini și prin conținutul cel mai redus în hidrocarburi saturate și asfaltene;

- analiza acidității a confirmat aceeași diferențiere între bitumuri și atât prin determinarea acidității organice cât și a celei fenolice și carboxilice am stabilit că bitumurile neparafinoase sînt mai acide - în special cel fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești - decât cele parafinoase;

- din determinările grupărilor carbonil prin analiză spectrală în IR am stabilit că bitumurile neparafinoase se caracterizează prin conținut mai ridicat decât bitumurile parafinoase și că acești componenți se concentrează în grupa asfaltenelor;

- între compoziția bitumurilor și compoziția materiilor prime există o interdependență, întrucît:

. bitumurile neparafinoase ca și materiile prime folosite se caracterizează prin conținut ridicat de hidrocarburi saturate și mai redus de hidrocarburi aromatice și rășini;

. bitumurile parafinoase se caracterizează ca și materiile prime printr-un conținut mărit de hidrocarburi aromatice și rășini și scăzut de hidrocarburi saturate;

- condițiile de fabricație ale bitumurilor influențează compoziția prin durata de oxidare, întrucît:

. bitumurile obținute printr-un proces de oxidare de durată (rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești și Crișana) care favorizează transformările componenților cu reactivitate chimică mărită din grupa hidrocarburilor aromatice și a rășinilor, se caracterizează printr-un conținut crescut în componenți grei, de tipul asfaltenelor;

. bitumurile obținute prin proces de oxidare de durată redusă, aplicat la rafinăria Teleajen, se caracterizează printr-o compoziție mai apropiată de a materiilor prime, condițiile de lucru neasigurând timpul necesar unor transformări importante, astfel că modificările produse sînt reduse și localizate la nivelul grupelor de hidrocarburi aromatice și în special a rășinilor.

Din determinările de caracterizare a grupelor de componente am dedus că bitumurile sînt alcătuite din aceeași componente, întrucît:

- indicele de refracție al componentelor incolori ai maltenelor pentru toate bitumurile atestă valori apropiate și asemănătoare celor izolați din materiile prime;

- masa moleculară determinată asupra hidrocarburilor saturate, hidrocarburilor aromatice și a rășinilor atestă o variație în limite relativ restrînse și indică prezența unor produși mai ușori în grupa hidrocarburilor saturate și a celor aromatice, decît în grupa rășinilor;

- analiza röntgenostructurală caracterizează structura asfaltanelor ca amorfă pentru toate bitumurile.

Toate aceste caracteristici prin care am evidențiat că bitumurile atestă compoziții similare din punct de vedere al compoziției dar proprii rafinării producătoare, prin raportul cantitativ dintre ei, mi-au permis să stabilesc pe bază de indici de caracterizare corelații compoziție - structură. Valoarea indicilor - raportul rășini/asfaltene; indice de instabilitate coloidală și coeficient de dispersie - m-au condus la concluzia că bitumurile neparafinoase atestă stări structurale mai gel comparativ celor parafinoase. Această afirmație am susținut-o prin analiza electrooptică în care imaginea structurii bitumurilor determinată cu ajutorul microscopului electronic confirmă o aglomerare mai accentuată de micle în cazul bitumurilor neparafinoase și cu precădere la bitumul fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești și o dispersie mai avansată a miculelor în cazul bitumului fabricat de rafinăria Teleajen;

- ou privire la starea de dispersabilitate imaginea lăsată de pata de soluție de bitum în solvent nafta mi-a permis să apreciez că toate bitumurile sînt omogene.

Căutînd să evidențiez mai pregnant faptul că bitumurile atestă compoziții proprii provenienței lor, am înscris prin note de la 1 la 4 în tabelul II.3.12. valorile rezultatelor obținute din cercetare pentru caracteristicile mai reprezentative, nota 1 reprezentînd valorile maxime și nota 4 valorile minime. În felul acesta am stabilit următoarea ordine de diferențiere dintre bitumuri:

Caracterizarea bitumurilor din punct de vedere  
al compoziției și structurii

Tabelul II.3.12.

Caracteristici	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
Compoziția elementară:				
- raport C/H	3	1	2	4
Compoziția pe grupe:				
- hidrocarburi saturate	3	1	2	4
- hidrocarburi aromatice	2	3	4	1
- rășini	2	4	3	1
- asfaltene	3	1	2	4
Caracterizare structurală:				
- raport rășini/asfaltene	2	4	3	1
- coeficient de dispersie	2	4	3	1
- coeficient de instabilitate coloidală	3	1	2	4
Aciditate	3	1	2	4
Coeficient de absorbție	3	1	2	4

Aceste diferențieri de compoziție pun în evidență stări structurale proprii bitumurilor, fapt care relevă că sub solicitări de natură și intensitate diferită fiecare bitum va avea o comportare specifică stării lui coloidale.

Fără de faptul că analiza compoziției în lucrare am efectuat-o pe un număr important de probe pe care le-am prelevat periodic de la rafinării, o perioadă de 6 luni, din producția curentă și că paralel acestora probele medii preparate în laborator



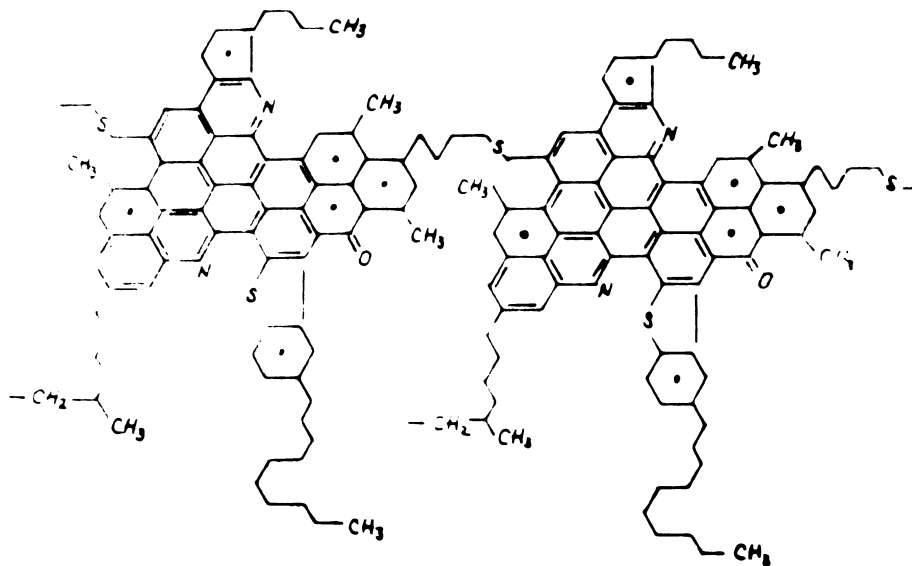
au condus la concluzii similare, consider că rezultatele cercetării sînt reprezentative pentru caracterizarea biturilor și prin aceasta apreciez că rafinările asigură, prin condițiile de fabricație aplicate, obținerea de bituri omogene, cu o compoziție proprie materiei prime și condițiilor tehnologice. Deși rezultatele au arătat că biturile sînt asemănătoare, ele se diferențiază, grupîndu-se după natura naftenică sau parafinoasă a țiteiurilor din care provin.

Cercetările asupra compoziției s-au materializat printr-o caracterizare generală a biturilor fabricate de fiecare rafinărie, iar din punct de vedere al grupelor principale de componente: hidrocarburi saturate, aromatice, rășini, asfaltene, prin delimitarea într-un grafic de reprezentare, fig. II.3.23. a zonelor de încadrare a compoziției biturilor fabricate de fiecare rafinărie. Aceste rezultate, importante prin faptul că reprezintă caracteristicile producției curente, permit o identificare a provenienței oricărui bitum românesc atunci cînd aceasta este necunoscută.

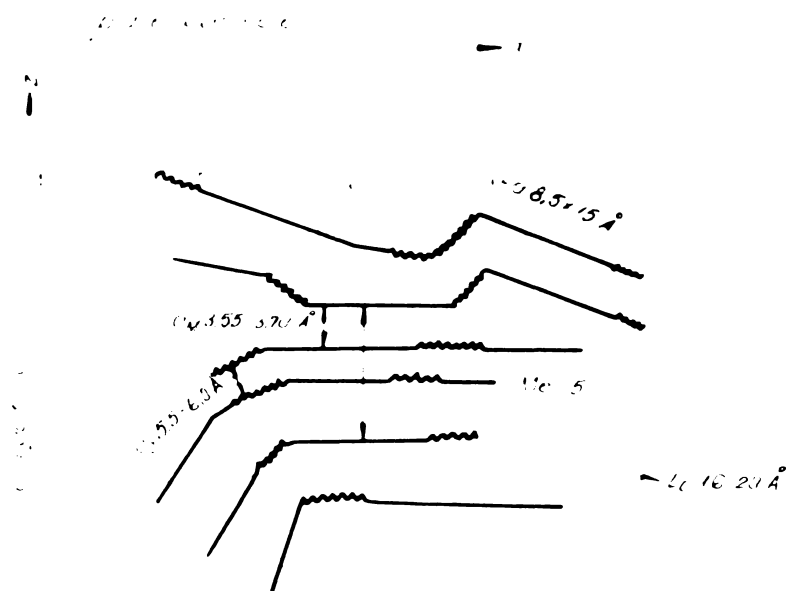
Din punct de vedere rutier concluziile lucrării indică prin caracteristicile de compoziție, ca mai avantajoase în ceea ce privește rezistența la îmbătrînire și comportarea reologică, biturile neparafinoase, compoziția asigurîndu-le un conținut mai ridicat în componente cu stabilitate chimică mărită și o structură mai solidă decît cele parafinoase, la care compoziția determină o structură mai sol. iar conținutul în componente mai reactivi este mai ridicat.

C A P I T O L U L   I I I  
CARACTERIZAREA BITUMURILOR DIN PUNCT DE  
VEDERE AL COMPORTARII REOLOGICE

1. STADIUL CERCETARILOR PRIVIND COMPORTAREA REOLOGICA A BITUMURILOR
2. METODOLOGIA ADOPTATA PENTRU CARACTERIZAREA BITUMURILOR DE LA RAFINARIILE VEGA, NR. 1 PLOIESTI, CRISANA SI TELEAJEN DIN PUNCT DE VEDERE REOLOGIC
3. REZULTATELE CERCETARILOR PRIVIND COMPORTAREA REOLOGICA A BITUMURILOR
4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA CARACTERISTICILE DE COMPORTARE REOLOGICA ALE BITUMURILOR FABRICATE DIN TITEIURI ROMANESTI



**Fig.III.1.1. STRUCTURA IPOTETICA A UNEI MOLECULE DE ASFALTENE DUPA WINNIFORD SI BERSONN**



**Fig.III.1.2. ABEZAREA STRATURILOR PLANE IN MOLECULELE DE ASFALTENE**

CAP. III CARACTERIZAREA BITUMURILOR DIN PUNCT DE  
VEDERE AL COMPORTARII REOLOGICE

1. STADIUL CERCETĂRIILOR PRIVIND COMPORTAREA REOLOGICA  
A BITUMURILOR

1.1. Considerații generale cu privire la structura bitumurilor

De o importanță deosebită în cercetarea bitumurilor, reologia contribuie la cunoașterea schimbărilor de stare și ca atare a modului de comportare atunci când au loc modificări în condițiile de solicitare /35/ /36/.

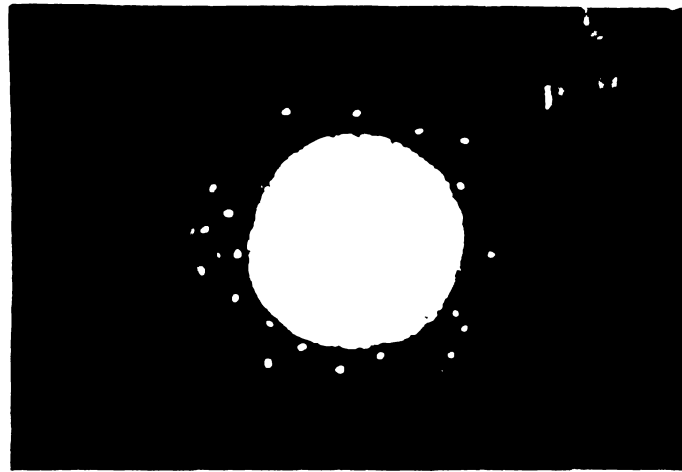
Variația continuă a consistenței de la starea solidă la cea lichidă rezultă drept consecință a faptului că bitumul reprezintă un amestec de componente cu caracteristici proprii.

Ipoteza structurii de coloid postulată de Nellensteyn a fost dezvoltată și completată ulterior /9/ /10/ dovedindu-se că forțele de legătură intermicelare și intermoleculare care determină starea de structură sînt condiționate de natura componentelor ce alcătuiesc cele trei grupe principale: uleiuri, rășini și asfaltene și de raportul dintre ele. S-a stabilit că bitumul este o dispersie coloidală de natură micelară ce conține particule alcătuite din  $10^3$  pînă la  $10^5$  atomi, independente, cu dimensiuni reduse sau legate între ele într-o singură macromoluculă. Moleculele bipolare existente în bitum contribuie în parte la formarea aglomerărilor în macromolecule.

Referitor la structură s-a dovedit că asfaltenele sînt alcătuite din straturi plane sau aproape plane formate din nuclee de hidrocarburi foarte condensate. Aceste structuri plane, legate între ele prin lanțuri alifatice sau prin punți naftenice formează micellele. Structura ipotetică a unei molecule de asfaltene stabilită de Winniford și Bersohn este prezentată în fig. III.1.1.

În împletitura de asfaltene care se formează prin suprapunerea planurilor se imobilizează o parte a maltenelor.

Forțele care se stabilesc între plane sînt de natură electrostatică, iar cele care se stabilesc între moleculele de maltene și asfaltene sînt forțe mai slabe, ca de exemplu forțe Van der Waals. Reprezentarea structurilor paralele și a structurii după Yen este prezentată în fig. III.1.2.



***Fig. III.1.3. DIFRACTIA ELECTRONICA A  
ASFALTENELOR***

Prin aplicarea unor tehnici moderne ca rezonanță magnetică nucleară și rezonanța paramagnetică electronică, s-a mai dovedit prezența în moleculele de asfaltene a electronilor impar asociați unui sistem de rezonanță a electronilor care contribuie în mare măsură la formarea asociațiilor de molecule și creerea sistemelor organizate de natură semicristalină, ce produc microfrazțiile electronice la analiza asfaltenelor cu raze X, așa cum este arătat în fig. III.1.3.

Asocierea asfaltenelor în perioade de repaus se consideră ca fiind stare metastabilă. Barierea de energie între stările metastabilă și stabilă se apreciază la 10 kcal./mol. Valoarea redusă a acesteia este confirmată de ușurința cu care se produce disocierea prin simplă încălzire sau agitare mecanică.

Pentru explicarea fenomenului de reducere a stării de consistență la creșterea temperaturii au fost emise mai multe teorii. Printre altele cea a lui Arrhenius se bazează pe analogia proceselor de curgere cu cele ale reacțiilor chimice iar a lui Andrade și Sheppard se bazează pe considerente termodinamice. Mai recent Eyring implică în exprimarea procesului de curgere și teoriile moderne ale reacțiilor chimice. Admițând procesele de deformare ca fiind similare deformațiilor lichidelor, autorul introduce noțiunea "volumului liber" care creează posibilitatea, după deformare, de revenire la starea inițială normală, printr-o schimbare de configurație. Sub acest aspect teoria are justificare științifică și o formulare matematică fundamentată /12/. Relația propusă de autor pentru stabilirea consistenței exprimată prin vâscozitatea absolută,  $\eta$ , este dată de formula:

$$\eta = \frac{hN}{V} e^{-\Delta F/RT} \quad \text{/III.1./}$$

unde:  $h$  - constanta lui Planck;  
 $N$  - numărul lui Avogadro;  
 $V$  - volumul molar;  
 $F$  - energia liberă de activare.

Cercetări mai recente au arătat că pentru a putea explica modul de comportare al unui bitum în domeniul temperaturilor obișnuite și scăzute, studiul reologic prin vâscozitate este insuficient și ca atare este necesară o extindere a investigațiilor și în domeniul altor discipline, ca de exemplu, cercetări în domeniul



**Fig. III.1.4. CURBE DE VARIAȚIA ENTALPIEI,  $H$ , ÎN FUNCȚIE DE TEMPERATURĂ,  $T$ .**

chimiei coloidale și al termodinamicii. Aceste cercetări urmează să dea o justificare mai reală comportării și să permită stabilirea unor specificații care să reprezinte criterii pentru alegerea unui bitum. /10/.

1.2. Stările structurale ale bitumurilor ca elemente de caracterizare a comportării

Exprimarea stărilor de structură pentru definirea comportării bitumurilor în condiții diferite de solicitare a fost în general adoptată de cercetători în funcție de necesitățile de interpretare a fenomenelor de curgere, respectiv stare de sol, sol-gel și gel /9/ /55/ /56/.

Pentru o mai bună înțelegere și interpretare a modului de evoluție a unui bitum și implicit a comportării s-au propus formulări noi care țin seama de caracteristicile termodinamice primare ca entalpie sau volum, sau a derivatelor lor de ordinul doi, cum ar fi coeficientul de dilatare și căldura specifică sau chiar de derivate de ordin superior. /10/.

În tabelul III.1.1. și fig. III.1.4. se prezintă o astfel de formulare în care starea structurală este corelată de comportare prin intermediul stărilor de tranziție.

Propuneri pentru definirea stărilor structurale ale bitumurilor

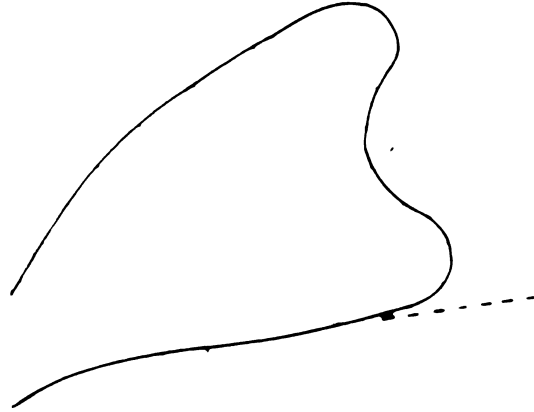
Tabelul III.1.1.

Starea structurală	Domeniul	Comportarea
Solidă sau vitroasă	sub $T_G$	elastică
Solidă - gel	$T_G \dots T_x$	elasto-plastică
Gel	$T_x \dots T_y$	plastică
Gel - sol	$T_y \dots T_s$	vîsco-plastică
Sol	sub $T_s$	vîscoasă

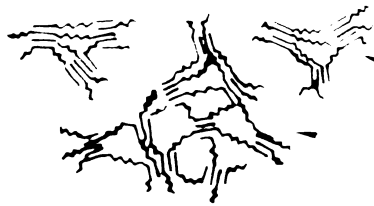
$T_x$  și  $T_y$  reprezintă puncte de tranziție,  $T_G$  temperatura de tranziție vitroasă, iar  $T_s$  punctul de tranziție vîscoasă.

Fracționarea bitumurilor în grupe de componenți și reamestecarea lor în diferite proporții a dat posibilitatea evidențierii influenței pe care tipul, natura sau conținutul acestora le





**Fig.II.1.5. STAREA STRUCTURALA A AMESTECURILOR IN  
FUNCTIE DE CONTINUTUL IN ASFALTENE LA  
DIFERITE TEMPERATURI**



**Fig.III.1.6. MODEL PROPUIS PENTRU  
STRUCTURA SOL-GEL**

exercită asupra comportării.

Printre cercetările mai recente studiile efectuate asupra unei game largi de amestecuri alcătuite din maltene (considerate ca mediu de dispersie) și asfaltene (considerate ca fază dispersată cu rol preponderent în comportarea bitumului) au evidențiat că între cele două elemente se stabilește o acțiune de dependență univocă /55/.

Examinarea amestecurilor în funcție de conținutul în asfaltene și exprimarea consistenței prin vâscozitatea la diferite temperaturi este înscrisă în diagrama compoziție - temperatură din fig. III.1.5. care permite caracterizarea comportării biturilor ca o funcție de stare /33/ /34/.

Diagrama relevă că oricare ar fi temperatura de încercare, maltenele atestă comportare newtoniană, și că procentul de asfaltene până la o anumită limită nu schimbă modul de comportare al amestecurilor. Acest prag de conținut crește pe măsura creșterii temperaturii. Peste această limită fiecare tip de structură poate fi reprezentat printr-un domeniu propriu.

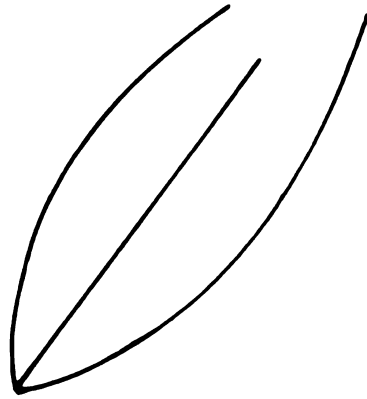
Starea de coexistență a celor două faze în interiorul curbei închise constituie structura sol - gel și echilibrul care se stabilește între componenți este dat de gradul de disociere al micelilor într-un sistem aglomerat care poate fi schematizat ca în fig. III.1.6.

În afara limitelor curbei închise se situează domeniile monofazice, respectiv faza solidă cu comportare de solid adevărat și faza de soluție adevărată (trasată punctat) corespunzătoare disocierii micelilor de asfaltene în molecule individualizate.

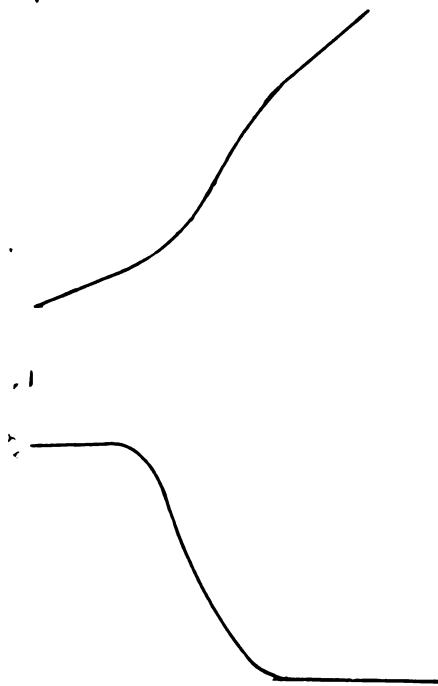
Modul de comportare urmărit sub acest aspect complex a deschis o posibilitate de caracterizare mai reală și a condus la ideea obținerii de bitumuri sintetice cu caracteristici optime din punct de vedere rutier.

### 1.3. Elemente de caracterizare a comportării reologice a biturilor

Comportarea bitumului este influențată de mărimea și durata solicitării și de temperatură și se poate reprezenta grafic prin curbele de curgere sau poate fi exprimată prin coeficienți de caracterizare /37/ /38/ /39/ /56/.



**Fig.III.1.7. CURBE DE CURGERE PENTRU SISTEME STRUCTURATE**



**Fig.III.1.8. VARIATIA GRADIENTULUI VITEZEI DE FORFECARE,  $\dot{\epsilon}$ , SI A VISCOSITATII DINAMICE,  $\eta$ , IN FUNCTIE DE EFORTE,  $\sigma$ .**

### 1.3.1. Exprimarea comportării biturilor pe baza curbelor de curgere

Modificările de stare în funcție de modul în care evoluează structura ca urmare compoziției proprii și condițiilor de solicitare /40/ /41/ /42/ în interdependență cu mărimea efortului de forfecare,  $\tau$ , a gradientului vitezei de forfecare,  $\dot{\epsilon}$  și a vâscozității absolute,  $\eta$ , sînt date de relația:

$$\dot{\epsilon} = \frac{\tau^n}{\eta^x} \quad \text{/III.2./}$$

unde  $n$  și  $x$  reprezintă parametrii ce caracterizează comportarea. Pentru  $n = 1$  curgerea este newtoniană, iar pentru  $n \neq 1$ , curgerea este newtoniană generalizată așa cum se arată în fig. III.1.7.

Curba de reprezentare a variației consistenței între cele două stări limită solid-lichid prezentată în fig. III.1.8. relevă un caracter complex:

- pentru valori reduse ale gradientului vitezei de forfecare (sub  $10^{-5} \text{ sec}^{-1}$ ) între vâscozitate,  $\tau$ , și  $\dot{\epsilon}$  există o proporționalitate și vâscozitatea reprezintă o constantă:

$$\eta_0 = \frac{\tau_{\min.}}{\dot{\epsilon}} \quad \text{/III.3./}$$

- pentru valori ridicate ale efortului,  $\tau$ , și ale gradientului vitezei de forfecare,  $\dot{\epsilon}$ , vâscozitatea redevine o constantă a cărei valoare,  $\eta_\infty$ , este mult mai mică decît  $\eta_0$ :

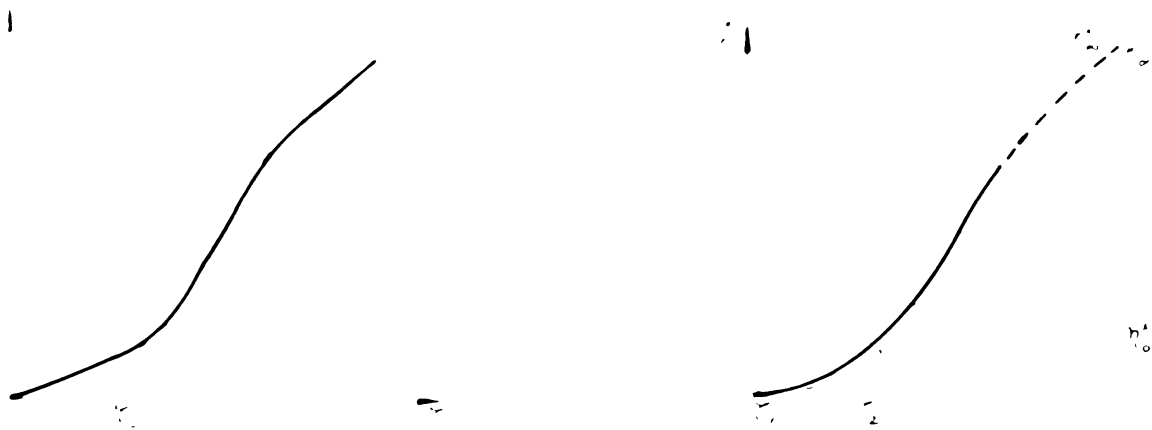
$$\eta_\infty = \frac{\tau_{\max.}}{\dot{\epsilon}} \quad \text{/III.4./}$$

$\eta_0$  reprezintă o valoare maximă pentru vâscozitate întrucît datorită influenței mișcării browniene, faza dispersă a sistemului nu este orientată. Această stare structurală atestă cea mai mare stabilitate din punct de vedere al fluajului. Cu creșterea vitezei de forfecare rețeaua micelară începe să se destrame și în momentul cînd micellele sînt complet orientate, vâscozitatea capătă o valoare minimă reprezentată prin  $\eta_\infty$ .

Raportul  $\eta_0/\eta_\infty$  evidențiază cantitativ măsura în care tipul de curgere se abate de la cel newtonian unde valoarea este 1.

Intrucît fenomenul curgerii biturilor este deosebit de complex, pentru delimitarea domeniului consistențelor extremo în

**Fig. III. 1.9. CURBE DE CURGERE SI CARACTERISTICI  
STRUCTURALE ALE BITUMURILOR**



practică s-au adoptat în locul vîscozităților  $\eta_0$  și  $\eta_\infty$ , următorii parametri de stare:

- vîscozitatea plastică,  $\eta_\infty^*$ , pentru caracterizarea mobilității sistemului în condițiile unei stări de structură complet distrusă. Aceasta poate fi obținută cu relația:

$$\eta_\infty^* = \frac{\tau - \tau_2}{\dot{\epsilon}} \quad \text{/III.5./}$$

unde efortul  $\tau_2$  reprezintă limita curgerii dinamice și marchează punctul de trecere al comportării mecanice ce corespunde celor două domenii de consistență, rețea coloidală formată și rețea coloidală distrusă, respectiv rezistența mecanică a scheletului unui sistem dispersat și indirect, grosimea filmului mediului de dispersie,  $g$  (fig. III.1.9.). Pentru un sistem dat,  $\tau_2$  este cu atît mai mare cu cît  $g$  este mai redus. Cînd  $\tau > \tau_2$  se produce o destructurare accentuată a scheletului tridimensional. Cînd  $\tau < \tau_2$  structura se reface în timp prin tixotropie, ca urmare mișcării browniene;

- vîscozitatea plastică maximă  $\eta_0^*$ , parametru care caracterizează proprietățile stării de structură nedistrusă.  $\eta_0^*$  poate fi exprimat prin relația:

$$\eta_0^* = \frac{\tau - \tau_1}{\dot{\epsilon}} \quad \text{/III.6./}$$

unde efortul  $\tau_1$  reprezintă limita de curgere statică și indică existența în sistemul dispersat a unui schelet tridimensional destul de rezistent.

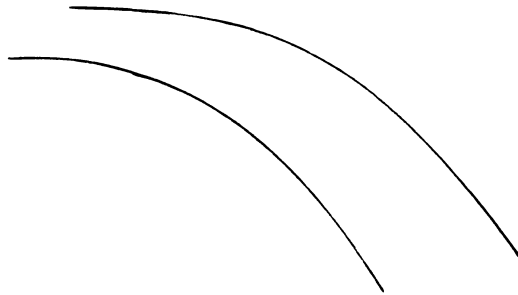
În cazul în care  $\tau < \tau_1$  vîscozitatea efectivă crește brusc, aproape asimptotic pe măsură ce efortul scade.  $\tau_1$  depinde de timpul de aplicare a sarcinii. Pentru  $\tau < \tau_1$  bitumul are aparent o vîscozitate invariabilă similară practic cu vîscozitatea particulelor fazei dispersate, respectiv aceea a unui corp solid.  $\tau_1$  poate fi considerat ca limita elastică a sistemelor dispersate;

- vîscozitatea în orice punct al curbei reologice, indiferent dacă structura bitumului este intactă sau distrusă se poate determina cu relația:

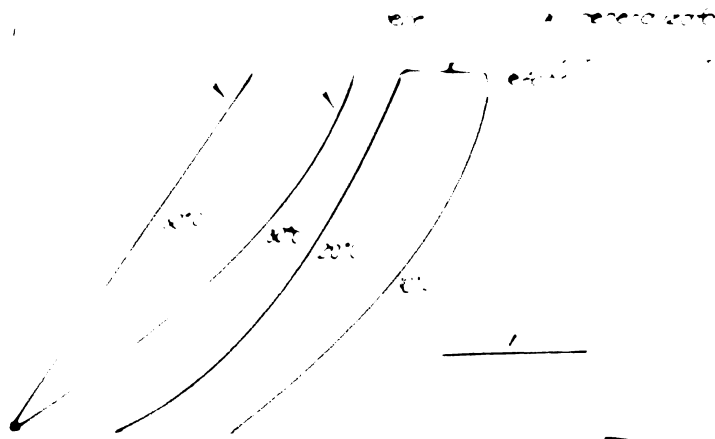
$$\eta_\tau = \eta_\infty + (\eta_0 - \eta_\infty) \frac{\frac{\tau}{b}}{\text{sh}(\frac{\tau}{b})} \quad \text{/III.7./}$$

unde:

- $\eta_\tau$  - vîscozitatea sub un efort oarecare;
- $\eta_0$  - vîscozitatea sistemului structurat;
- $\eta_\infty$  - vîscozitatea sistemului destrucurat;



**Fig. III.1.10. CURBE DE VARIATIA CONSISTEN-  
TEI IN FUNCTIE DE DURATA DE  
ACTIONARE A SARCINEI**



**Fig. III.1.11. VARIATIA COMPORTARII REOLO-  
GICE A UNUI BITUM IN FUNCTIE  
DE TEMPERATURA**

b - parametrul de structură care poate fi exprimat prin relația:  $h = 2 k T/S^3$  în care: k - constanta lui Boltzmann; T = temperatura absolută iar S un parametru caracteristic pentru rețeaua structurală.

Durata de solicitare acționează în mod similar efortului producând odată cu creșterea valorii, destructurarea, așa cum se arată în fig. III.1.10. /40/ /43/ /44/.

Ca și durata de solicitare, creșterea temperaturii reduce valoarea vîscozității întrucît produce o destructurare și ca atare apropie valorile lui  $\eta_0$  de cele ale lui  $\eta_\infty$ . Reducerea temperaturii produce un efect contrar /45/.

Alura curbelor de curgere prezentată în fig. III.1.11. pentru diferite temperaturi arată că destructurarea se produce cu atît mai repede cu cît temperatura este mai ridicată /41/ /46/ /47/.

Ca atare, urmare structurii coloidale, o variație a efortului, a timpului de solicitare sau a temperaturii produce o variație corespunzătoare a consistenței. Aceste acțiuni se manifestă astfel încît o variație a efortului sau a timpului de solicitare produce o variație a consistenței dependentă de valoarea temperaturii, iar o variație a temperaturii produce o variație a consistenței dependentă de valoarea timpului de solicitare sau a efortului.

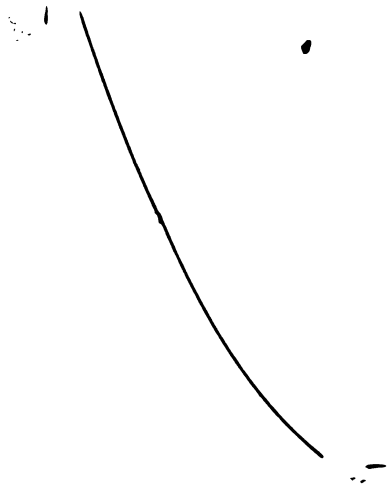
Intrucît temperatura și durata de solicitare produc asupra biturilor acțiuni similare și ca atare identitate de efecte, pentru stabilirea modului de comportare cumulat s-a adoptat o exprimare globală ce integrează efectul factorilor de solicitare, prin curba unică sau redusă, care implică pentru trasare numai precizarea unei temperaturi de referință, care să corespundă pentru starea de structură, unui punct de tranziție /12/ /48/.

Reprezentarea unică a caracteristicilor de curgere pe baza curbei reduse poate fi realizată grafic prin translația curbelor izoterme paralel cu axa timpilor de solicitare sau analitic prin intermediul unui factor de translație,  $a_T$ , calculat din relația:

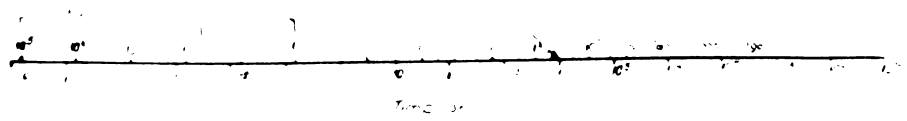
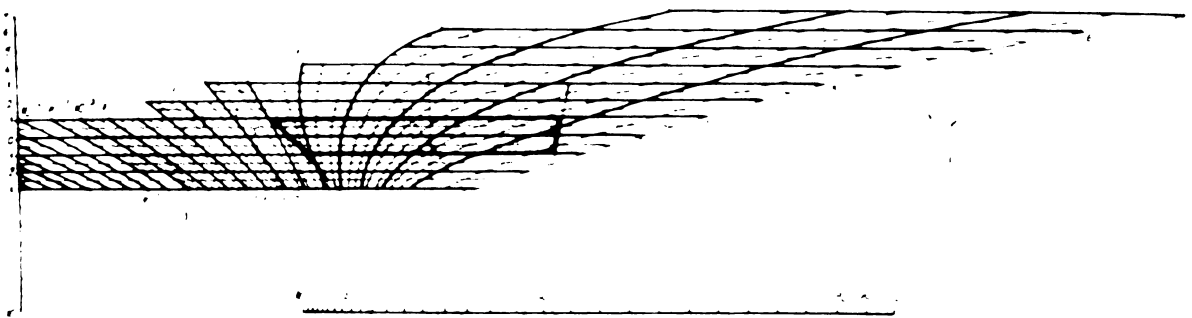
$$\log a_T = \frac{-C_1 (T - T_{ref})}{C_2 + (T - T_{ref})} \quad /III.8./$$

unde  $C_1$  și  $C_2$  sînt constante caracteristice naturii bitumului și depind de temperatura de referință /123/. În această formulare temperatura de referință reprezintă temperatura de vitrificare  $T_G$ .





**Fig. III. 1.12. VARIATIA FACTORULUI DE TRANSLATIE ( $\sigma_T$ ) IN FUNCTIE DE TEMPERATURA. (T)**



**Fig. III. 1.13. NOMOGRAMA VAN DER POEL**

Fig. III.1.12. prezintă curba de variație a lui  $a_T$  cu temperatura.

Referitor la fenomenul de suprapunere a efectelor produse de timpul de solicitare și temperatură se consideră ca riguros numai în cazul cînd legea de curgere este unică pentru oricăre temperatură. În cazul biturilor, în domeniul temperaturilor scăzute, s-a dovedit că legea după care se produce curgerea prezintă abateri și relația de dependență între vîscozitate și temperatură atestă un caracter foarte complex /49/.

Luînd în considerare efectul similar exercitat de parametrii de solicitare asupra comportării vîsco-elastice, Van der Poel a stabilit modificările de stare ale biturilor prin rezistența opusă la deformare, exprimată de raportul dintre efortul unitar ( $\sigma$ ) și deformația specifică ( $\dot{\epsilon}$ ) funcție de temperatură (T), timp de solicitare (t) și structura bitumului caracterizată prin valoarea indicelui de penetrație (IP), respectiv prin modulul de rigiditate,  $S_b$  /123/:

$$S_b = \frac{\sigma}{\dot{\epsilon}(T, t)} \quad \text{/III.9./}$$

Curbele reduse de reprezentare ale valorilor lui  $S_b$  în condiții de solicitare diferite sînt prezentate în abaca din fig. III.1.13. Această abacă, prin determinarea lui  $S_b$  funcție de durata de solicitare și temperatură, permite construirea curbelor de curgere  $S_b = f(t)$  și  $S_b = f(T)$  ale oricărui bitum și ea atare și a curbelor reduse ale acestora.

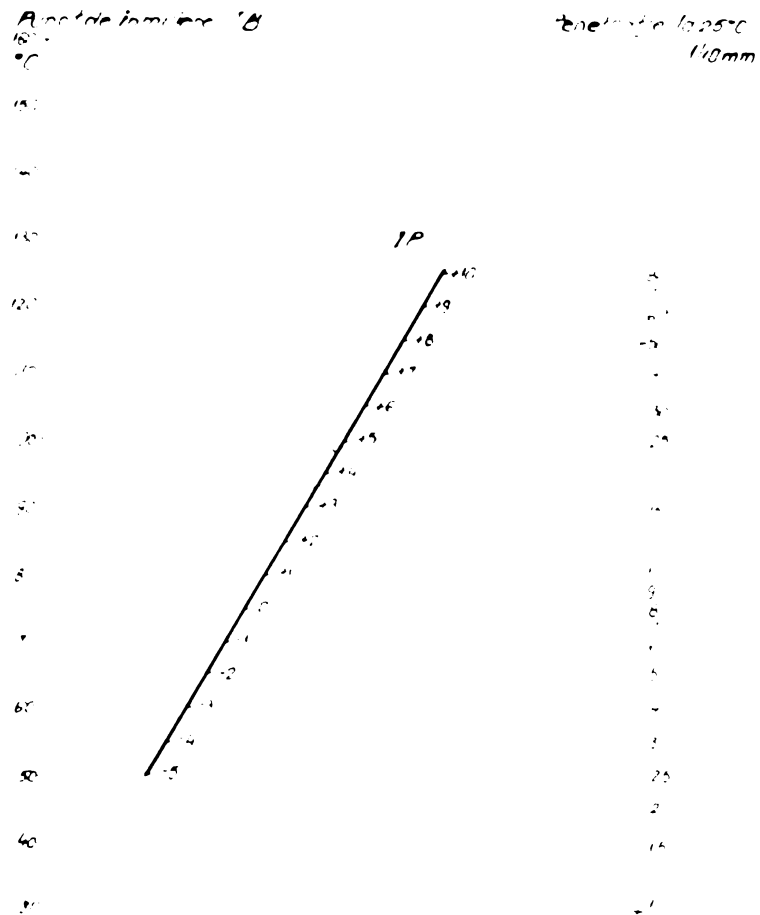
Pentru o mai bună concordanță a datelor de calcul ale lui  $S_b$  cu cele experimentale s-au adus îmbunătățiri reprezentării propuse de Van der Poel prin:

- înlocuirea lui  $\hat{IP}$  determinat din valorile penetrației și ale punctului de înmuiere înel și bilă cu IP determinat din valorile penetrației /50/;

- înlocuirea temperaturii de referință corespunzătoare punctului de înmuiere IB, ( $T_{IB}$ ) cu temperatura la care penetrația bitumului este de 800  $\frac{1}{10}$  mm ( $T_{800 \text{ pen.}}$ ), care conduce, în special în cazul biturilor de oxidare, la reducerea dispersiei valorilor lui  $S_b$ .

### 1.3.2. Susceptibilitatea termică a biturilor

Evoluția consistenței unui bitum ca urmare modificărilor de temperatură, prezintă un interes practic deosebit în proce-



**Fig.III.1.15. NOMOGRAMA PENTRU  
 DETERMINAREA INDICELUI  
 DE PENETRATIE, IP.**

sul de prelucrare al biturilor și în exploatarea straturilor rutiere bituminoase alături de curbele de curgere pentru caracterizarea comportării reologice /1/ /51/.

Cele mai uzuale căi de stabilirea susceptibilității termice se bazează pe determinările de:

- penetrație, unde legea de variație a stării de structură este dată de relația:

$$P = P_0 e^{ht} \quad \text{/III.10./}$$

și  $h$  reprezintă susceptibilitatea termică.

Datele experimentale arătând pentru  $h$  valori între 0,015 și 0,06 denotă că variația de consistență este largă /9/, motiv pentru care relația are o aplicabilitate limitată.

Dedus din penetrație și punctul de înmuiere, indicele de penetrație, IP, este considerat ca o măsură a susceptibilității termice ( $a$ ) fiind o funcție univocă de aceasta așa cum se deduce din relația /52/ :

$$IP \text{ (pen/IB)} = \frac{20-500 a}{1 + 50 a} \quad \text{/III.11./}$$

unde  $a$  reprezintă susceptibilitatea termică și se poate obține din relația:

$$a = \frac{\log 800 - \log P_{25}}{T_{IB} - 25} \quad \text{/III.12./}$$

800 este penetrația bitumului la temperatura punctului de înmuiere.

Nomograma din fig. III.1.15. prezintă variația lui IP

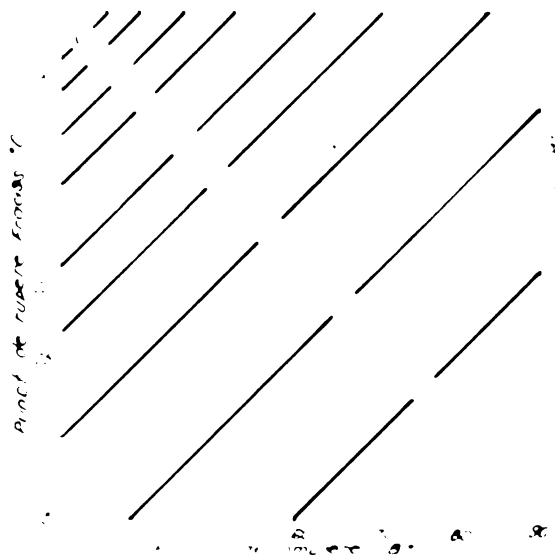
//.

Reprezentând un parametru important de caracterizare a biturilor, IP a fost adoptat ca o condiție tehnică de calitate (U.R.S.S., Iugoslavia, Austria, Elveția, Italia, Olanda). Indicațiile cu privire la structura și comportarea biturilor /53/ /129/ au fost formulate astfel /9/:

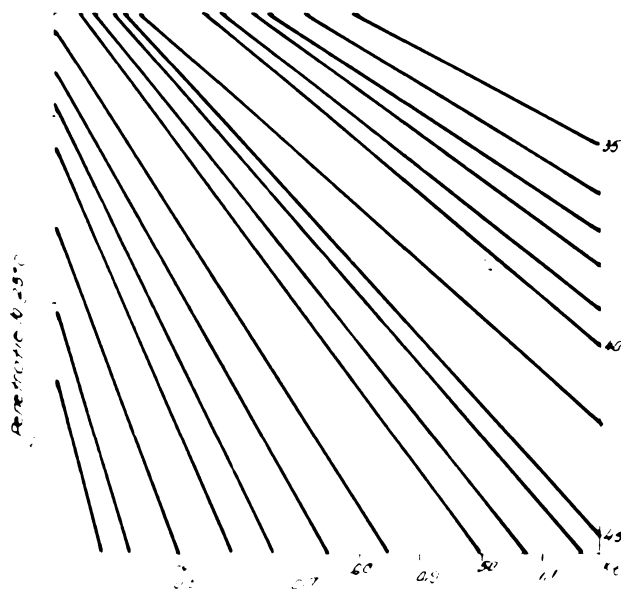
.  $a > 0,055$ ;  $IP < -2$ , biturile atestă structură de sol și comportare vîscoasă;

.  $0,055 > a > 0,030$ ;  $+2 > IP > -2$ , biturile atestă structură sol-gel, comportare vîsco-elastică și sînt tixotropice;

.  $a < 0,030$ ;  $IP > +2$ , biturile atestă structură gel, au comportare elastică accentuată și sînt pronunțat tixotropice.



**Fig. III.1.16. DIAGRAMA PENTRU DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE SENSIBILITATE TERMICA,  $K_t$**



**Fig. III.1.17. DIAGRAMA PENTRU DETERMINAREA PUNCTULUI DE RUPERE FRIGID IN FUNCTIE DE PUNCTUL DE INZURIRE,  $t_B$ , SI COEFICIENTUL DE SENSIBILITATE TERMICA  $K_t$ .**

- vîscozitatea, unde legea de variație este dată de relația:

$$\eta = \eta_0 e^{-ht} \quad /III.13./$$

h reprezentînd susceptibilitatea termică.

În practică se mai folosesc și alte formulări, dar ca și în cazul penetrației, au un domeniu restrîns de aplicabilitate.

Cu privire la exprimarea dublu logaritmică a variației vîscozității cu temperatura pentru obținerea de linii drepte prin care se ușurează interpretarea, (aceasta poate masca multe din variațiile de stare provocate de schimbările intervenite în caracteristicile coloidale ale biturilor într-o gamă largă de temperaturi /16/, ca de exemplu, variațiile de vîscozitate la temperatura punctului de înmuiere, care pot lua valori între 8.000 - 30.000 Po) și se propune evitarea ei.

O exprimare mai recentă a susceptibilității termice o constituie coeficientul de sensibilitate termică ( $K_t$ ) care poate fi dedus din relația:

$$K_t = \frac{\Delta \log \eta}{\Delta \frac{1}{T}} \quad /III.14./$$

unde:

T - temperatura absolută;

$\eta$  - vîscozitatea absolută a bitumului,

sau poate fi determinat cu ajutorul diagramei din fig. III.1.16.

Se apreciază că această metodă este mai reală și prezentă în plus avantajul de a permite a se determina și punctul de rupere Fraass atunci cînd se cunoaște punctul de înmuiere, așa cum rezultă din fig. III.1.17.;

- măsurători de vîscozitate și penetrație; bazîndu-se pe considerentul că între susceptibilitatea termică, determinată prin vîscozitate și cea determinată prin penetrație există o corelație, Heukelom a stabilit un nou mod de exprimare grafică. Metoda este mai avantajoasă prezentînd variația de consistență a biturilor de la starea lichidă la cea solidă /49/ /50/.

Diagrama prezintă vîscozitatea și penetrația biturilor ca o funcție liniară de temperatură cu ajutorul temperaturii de referință  $T_{300}$  pen. și a susceptibilității termice.

Relațiile luate în considerare la construirea diagramei de reprezentare a biturilor au fost:



. relația lui Pfeiffer de stabilire a susceptibilității termice din determinări de penetrație:

$$\log \frac{\text{pen}}{800} = A (T - T_{800}) \quad /III.15./$$

. ecuația lui William, Landel și Ferry pentru stabilirea susceptibilității termice din determinări de vâscozitate:

$$\frac{-5,42 \log \frac{\eta (P_0)}{13.000}}{8,5 + \log \frac{\eta (P_0)}{13.000}} = A (T - T_{800}) \quad /III.16./$$

Intrucât în cele două ecuații membrul al doilea este o funcție liniară numai de temperatură, expresia din primul membru poate fi reprezentată printr-o dreaptă, eliminându-se astfel influența timpului de încărcare.

## 2. METODOLOGIA ADOPTATA PENTRU CARACTERIZAREA BITURILOR DE LA RAFINARIILE VEGA, NR. 1 PLOIESTI, CRISANA SI TELEAJEN DIN PUNCT DE VEEDERE REOLOGIC

### 2.1. Schema de cercetare

Importanța cunoașterii schimbărilor de structură a biturilor în condiții de solicitare variată, așa cum a fost arătat la pct.III.1., reprezintă o investigație deosebit de prețioasă prin rezultatele pe care le furnizează în legătură cu modul de comportare.

Pentru a contura mai bine diferențierile calitative dintre biturile cercetate, am adoptat o metodologie complexă care să îmi permită să caracterizez structura, caracteristicile de curgere în condiții variate de solicitare și susceptibilitatea termică, așa cum este prezentat în schema de lucru din fig. III.2.1.

### 2.2. Determinarea stării de structură a biturilor prin indici de caracterizare

Compoziția reprezentînd elementul determinant pentru alcătuirea structurală a unui bitum, am valorificat rezultatele cercetării stabilind, pe baza indicilor de caracterizare rezultați din datele de analiză a compoziției pe grupe de componente asemănătoare:



- raport rășini/asfaltene;
- coeficient de instabilitate coloidală, IO;
- coeficient de dispersie, CD,

(semnificația lor fiind prezentată în cap. II.2, paragraful 2.2.2.), starea de structură a fiecăruia.

În același timp am mai determinat indicele de penetrație (IP) și susceptibilitatea termică (a) conform relațiilor III.11. și III.12. din încercările curente de laborator: penetrație la 25°C și punct de înmuiere, IB, indicele de penetrație permițându-mi a compara bitumurile românești din punct de vedere structural, cu bitumurile de drumuri utilizate în alte țări.

### 2.3. Determinarea comportării biturilor în condiții de solicitare variabile

Modificările de stare produse de variația parametrilor de solicitare, mărime și durată de acționare a sarcinii și de temperatură, le-am dedus pe baza măsurătorilor de vâscozitate dinamică  $\eta$ , din curbele de curgere.

Determinările, dat fiind performanța limitată a aparatului de laborator /54/ le-am efectuat în domeniul consistențelor ridicate cu consistometrul Höppler, iar în domeniul consistențelor reduse cu viscozimetrul rotativ, condițiile de lucru fiind cele înscrise în tabelul III.2.1.

#### Caracteristicile tehnice ale viscozimetrelor utilizate în cercetare

Tabelul III.2.1.

Caracteristici	Consistometrul Höppler	Viscozimetrul rotativ
Vâscozitatea dinamică, $\eta$ , în CP	1.10 <sup>6</sup> ... 1.10 <sup>11</sup>	1.10 <sup>2</sup> ... 1.10 <sup>5</sup>
Efortul de forfecare, $\tau$ , în dyn/cm <sup>2</sup>	1.10 <sup>5</sup> ... 4.10 <sup>7</sup>	1.10 <sup>2</sup> ... 1.10 <sup>5</sup>
Viteza de forfecare, v, în cm/sec	5.10 <sup>-5</sup> ... 5.10 <sup>-2</sup>	-
Gradientul vitezei de forfecare, Dr, în sec <sup>-1</sup>	-	0,15 ... 1.10 <sup>3</sup>
Temperatura, în °C	5 ... 35	50 ... 135

Așa cum rezultă din datele prezentate, metodologia nu cuprinde domeniul de investigare între  $35^{\circ}\text{C}$  și  $50^{\circ}\text{C}$  ceea ce m-a determinat să completez studiul reologic prin determinări de modul de rigiditate,  $S_b$ , utilizînd abaca Van der Poel, pentru condițiile:

- temperatură,  $T$ :  $-20^{\circ}\text{C}$  ...  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
- durată de solicitare;  $t$ :  $3 \cdot 10^{-2}$  sec ...  $1 \cdot 10^4$  sec;

Cu ajutorul rezultatelor obținute am trasat curbele de curgere  $S_b = f(t)$  și  $S_b = f(T)$  a căror alură a dat o imagine mai completă a comportării complexe, evidențiind modificările structurale specifice, care caracterizează bitumurile în funcție de proveniența lor și pentru domeniul neacoperit de determinările de vîscozitate.

Comportarea bitumului sub acțiunea simultană a factorilor temperatură-durăta de solicitare am exprimat-o prin reprezentarea curgerii pe baza curbelor unice sau reduse. Temperatura de referință în toate cazurile a fost de  $20^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.4. Determinarea susceptibilității termice

Tendința caracteristică fiecăruia dintre bitumurile cercetate de a-și modifica starea de structură concomitent cu modificarea valorii temperaturii, am determinat-o în următoarele condiții:

- domeniul de la  $25^{\circ}\text{C}$  la temperatura corespunzătoare punctului de înmuiere IB, prin determinarea indicelui de penetrație și a susceptibilității termice;

- domeniile de la  $5^{\circ}\text{C}$  la  $35^{\circ}\text{C}$  și de la  $50^{\circ}\text{C}$  la  $135^{\circ}\text{C}$  pe baza măsurărilor de vîscozitate dinamică și de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  pe baza determinărilor modulului de rigiditate;

- domeniul temperaturilor inferioare punctului de rupere Fraass pînă la temperatura de punere în operă a bitumului în lucrările de drumuri, pe baza curbelor înscrise în diagramele de reprezentare ale bitumurilor.

Am adoptat mai multe posibilități, întrucît prin fiecare dintre ele am urmărit să caracterizez domenii importante în ceea ce privește solicitarea în exploatare a straturilor rutiere bituminoase. În același timp prin ultima variantă am stabilit o susceptibilitate termică globală de caracterizare comparativă între bitumuri. Această metodă a inclus determinarea de penetrații și vîscozități la trei temperaturi diferite.

Rezultatele înscrise în diagrama de reprezentare care în abscisă are temperatura în scară zecimală, pe o ordonată penetrația în scară logaritmică și pe o a doua ordonată vâscozitatea în scară dublu logaritmică, mi-au permis să trasez curba de curgere din panta căreia am determinat susceptibilitatea termică. În plus, diagrama conține pe scara penetrațiilor două repere, unul corespunzător consistenței la punctul de rupere Fraass și al doilea corespunzător consistenței la punctul de înmuiere IB și un pol P cu o scară de indici de penetrație, cu ajutorul cărora se pot determina fiecare dintre aceste caracteristici.

Avantajul aplicării metodei constă în faptul că permite:

- determinarea susceptibilității termice a unui bitum într-un domeniu larg de temperatură;
- să se urmărească variația consistenței bitumului în funcție de temperatură, eliminând influența timpului de încălzire;
- verificarea sau stabilirea unor caracteristici ale unui bitum cunoscând altele;
- determinarea  $T_{800}$  pen. necesară calculului modulului de rigiditate  $S_b$ , cu ajutorul abacei lui Van der Poel îmbunătățită;
- compararea comportării biturilor între ele.

### 3. REZULTATELE CERCETĂRII PRIVIND COMPORTAREA REOLOGICĂ A BITURILOR

#### 3.1. Determinarea structurii prin indicii de caracterizare

Caracterizarea stării de dispersie a asfaltelor conținută de bitumuri am pus-o în evidență prin indicii: raport rășini/asfaltene și coeficient de dispersie pentru toate probele cercetate, iar caracteristicile atestate de echilibrul coloidal prin indicii de instabilitate coloidală, pentru probele reprezentative pentru rafinării.

Din rezultatele înscrise în tabelul II.3.3. am desprins că structura fiecărui bitum este proprie compoziției și grupează biturile neparafinoase mai gel separat, ca urmare compoziției mai apropiate, de cele parafinoase care sînt mai sol. Conținutul mai redus de rășini în primul caz permite crearea de legături între moleculele care conduc la dezvoltarea rețelei coloidale, în timp ce conținutul crescut în rășini și hidrocarburi aromatice poliaromatice

dispersează într-o măsură mai importantă asfaltenele bitumului parafinos.

Structura poate fi explicată ca o consecință a condițiilor de obținere a biturilor și a compoziției materiei prime utilizate. Considerăm că oxidarea prelungită aplicată de rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești și Crișana contribuie prin durată, la producerea reacțiilor complexe de oxidare - polimerizare - condensare și astfel la formarea unei rețele coloidale mai pronunțate, în timp ce durata redusă limitează posibilitățile de transformare și ca urmare biturile mențin un stadiu de structură mai apropiat amestecului de la prelucrare, caracterizat printr-un grad avansat de dispersie al asfaltencilor.

Structura biturilor neparafinoase se diferențiază de asemenea între ele, în sensul că cele fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești sînt mai gel decît cele fabricate de rafinăria Crișana iar acestea mai gel decît cele de la rafinăria Vega, diferențierile în acest caz putînd fi atribuite numai variației de compoziție a materiei prime.

Indicii de caracterizare: raport rășini/asfaltene și coeficient de dispersie, determinați pentru toate probele de bitum prelevate pe parcursul celor 6 luni de investigare a modului de obținere a biturilor la rafinăriile Vega, nr. 1 Ploiești, Crișana și Toloajen, prezentați în tabelul III.3.1. (anexa III, pag. 1) confirmă o aceeași caracteristică pentru structura biturilor ca și probele medii, ceea ce mi-a permis să generalizez considerațiile asupra întregii producții de bitum a rafinăriilor.

Comparînd aceste rezultate cu cele obținute pentru indicii de penetrație am arătat că între bitumuri se stabilește aceeași corelație de structură. Pe de altă parte rezultatele mi-au permis să evidențiez ca o trăsătură comună biturilor românești că toate prezintă valori pentru IP sub + 1 (tabelul III.3.2., anexa III, pag. 2). Față de semnificația pe care o are acest indice se poate afirma că toate biturile fabricate din țiteiuri românești atestă o structură sol-gel și o comportare visco-elastică. În același timp luînd în considerare indicațiile date de specialiști cu privire la zona de încadrare a biturilor de drumuri, am stabilit că:

- biturile românești în majoritate se situează între +1 și -0,7 așa cum indică propunerile iugoslave /4/;

- toate bitumurile românești se încadrează domeniului de la -1 la +1 așa cum prevăd normele elvețiene /130/.

Față de aceste rezultate am tras concluzia că structura bitumurilor românești poate fi considerată ca similară structurii bitumurilor folosite în alte țări.

Rezultatele obținute înscrise în graficul din fig.

III.3.1. mi-au permis să dovedesc încadrarea lor și gruparea pe rafinării a valorilor: bitumurile fabricate de rafinăriile nr. 1 Ploiești se situează în apropierea curbei reprezentative a valorii  $IP = +1$  care indică o stare coloidală mai structurată respectiv mai gel, iar cele de la rafinăria Teleajen, de curba reprezentativă a valorii  $IP = -0,7$  care indică o stare de dispersie a asfaltonelor mai pronunțată, respectiv mai sol. Celelalte bitumuri fabricate de rafinăriile Crișana și Vega se situează în interiorul domeniului atestând structuri intermediare.

În concluzie, caracterizarea structurii bitumurilor pe bază de indici, indiferent de modul lor, m-a condus la rezultate similare, prin care am dovedit că bitumurile obținute din țigeliuri românești atestă o structură sol-gel și comportare visco-elastică, diferențiată de la unul la altul, între cele două stări limită, după natura și proveniența fiecăruia.

### 3.2. Comportarea bitumurilor față de condiții de solicitare variabilă

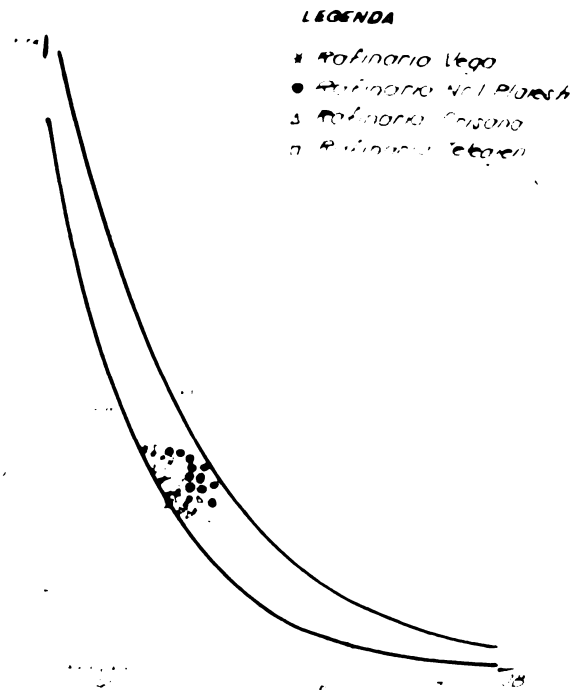
Stabilirea caracteristicilor de curgere față de condițiile de solicitare variabilă le-am determinat pe baza metodelor indicate la pot. III.2.3. asupra probelor medii reprezentative pentru rafinării.

Determinările au necesitat un volum important de lucrări de laborator și pentru ca rezultatele să îmi permită interpretarea comportării bitumurilor, le-am prezentat grafic, sub forma curbelor de curgere.

Examinarea reprezentărilor grafice și a parametrilor de stare deduși din datele de analiză mi-au dat posibilitatea să evidențiez caracteristicile fiecăruia și să stabilesc diferențierile comparative dintre ele.

În acest sens rezultatele le-am prezentat astfel:

- modificările deduse din măsurători de viscozitate. 7 .  
sunt reprezentate prin curbele de curgere înscrise în fig. III.3.2.



**Fig. nr. 3.1. INDICELE DE PENETRATIE AL BITU-  
MUTILOR DE LA RAFINARIILE : VEGA,  
Nr.1 PLOESTI, CRISANA SI TELEAJEN**

- toate bitumurile românești se încadrează domeniului de la -1 la +1 așa cum prevăd normele elvețiene /130/.

Față de aceste rezultate am tras concluzia că structura bitumurilor românești poate fi considerată ca similară structurii bitumurilor folosite în alte țări.

Rezultatele obținute înscrise în graficul din fig.

III.3.1. mi-au permis să dovedesc încadrarea lor și gruparea pe rafinării a valorilor: bitumurile fabricate de rafinăriile nr. 1 Ploiești se situează în apropierea curbei reprezentative a valorii  $IP = +1$  care indică o stare coloidală mai structurată respectiv mai gel, iar cele de la rafinăria Teleajen, de curba reprezentativă a valorii  $IP = -0,7$  care indică o stare de dispersie a asfaltonelor mai pronunțată, respectiv mai sol. Celelalte bitumuri fabricate de rafinăriile Crișana și Vega se situează în interiorul domeniului atestând structuri intermediare.

În concluzie, caracterizarea structurii bitumurilor pe bază de indici, indiferent de modul lor, m-a condus la rezultate similare, prin care am dovedit că bitumurile obținute din țițeiuri românești atestă o structură sol-gel și comportare visco-elastică, diferențiată de la unul la altul, între cele două stări limită, după natura și proveniența fiecăruia.

### 3.2. Comportarea bitumurilor față de condiții de solicitare variabilă

Stabilirea caracteristicilor de curgere față de condițiile de solicitare variabilă le-am determinat pe baza metodelor indicate la pct. III.2.3. asupra probelor medii reprezentative pentru rafinării.

Determinările au necesitat un volum important de lucrări de laborator și pentru ca rezultatele să îmi permită interpretarea comportării bitumurilor, le-am prezentat grafic, sub forma curbelor de curgere.

Examinarea reprezentărilor grafice și a parametrilor de stare deduși din datele de analiză mi-au dat posibilitatea să evidențiez caracteristicile fiecăruia și să stabilesc diferențierile comparative dintre ele.

În acest sens rezultatele le-am prezentat astfel:

- modificările deduse din măsurători de viscozitate. 2 .  
sînt reprezentate prin curbele de curgere înscrise în fig. III.3.2.

Fig. 1.1.1. Mănușă vitezi de funcționare în funcție  
de sport, pentru diferitele categorii

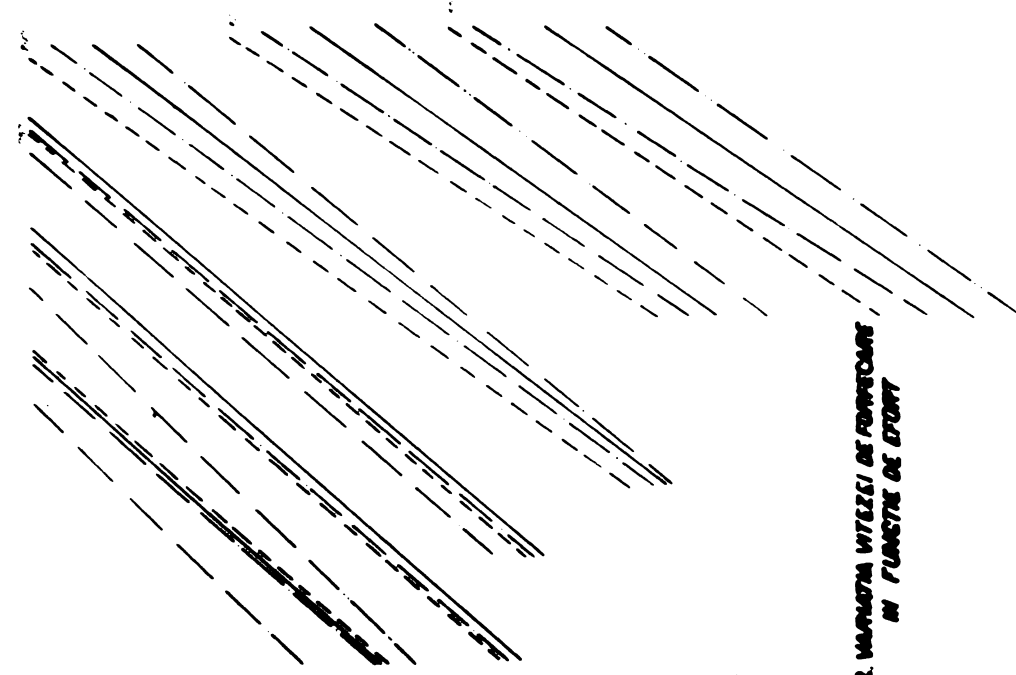
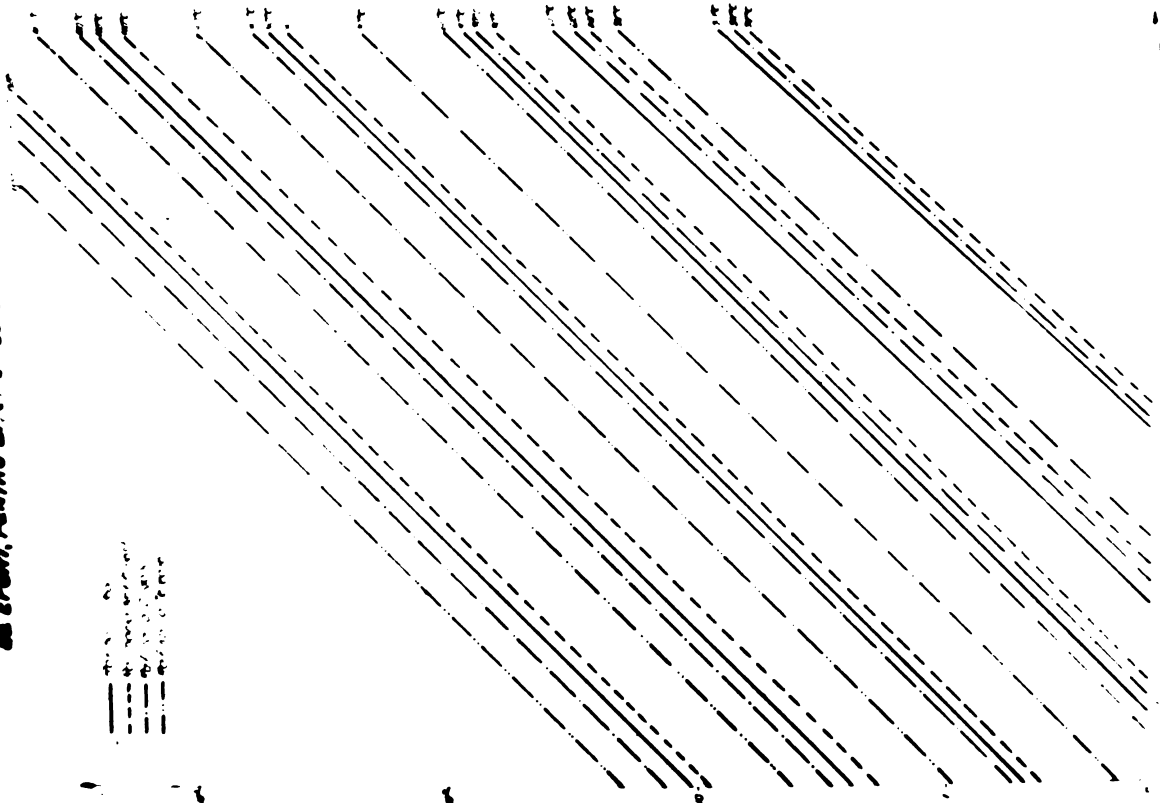


Fig. 1.1.2. Mănușă vitezi de funcționare  
în funcție de sport





ca funcții de viteza de forfecare,  $v$ , și de efortul tangențial,  $\xi$ , aplicat:  $v = f(\xi)$ , iar în fig. III.3.3. ca funcții de gradientul vitezei de forfecare  $Dv$ , și de efortul tangențial aplicat:  $Dv=f(\xi)$ . Pe baza lor am făcut următoarele observații:

. în limitele de variație ale parametrilor de încercare aplicați: efort, durată de solicitare și temperatură, modificările structurale, suferite de bitum, de la stări de consistență ridicată la starea sol sînt continue și prezintă un caracter complex și comun tuturor biturilor;

. deși curbele de curgere arată un aspect general asemănător indicînd transformări structurale de aceeași natură, ele evidențiază prin alura proprie comportării diferențiate de la un bitum la altul și într-o măsură mai importantă în funcție de natura țiguiurilor din care provin:

.. luînd în considerare valorile rapoartelor  $\xi/v$  și respectiv  $\xi/Dv$  pentru valori ale temperaturii care marchează mai evident modificări de stare, am tras concluzia că tendințele de comportare ale fiecărui bitum sînt specifice în sensul că:

... pentru temperatura de 5<sup>0</sup>C starea de consistență a biturilor neparafinoase este mai redusă decît a biturilor parafinoase. În aceste condiții de temperatură bitumul fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești atestă o vîscozitate mai redusă comparativ celui de la rafinăria Crișana, iar acesta decît a celui de la rafinăria Vega. Ca atare rezultă pentru această temperatură că fiecare bitum atestă o tendință de rigidizare caracteristică care influențează în mod diferit comportarea mixturilor asfaltice;

... pe măsura creșterii temperaturii, valorile raportului  $\xi/v$  scad și marchează o apropiere în comportarea celor patru bitumuri, respectiv o reducere a influenței exercitată de natura și proveniența lor;

... începînd de la temperatura de 25<sup>0</sup>C, tendința bitumului de la rafinăria Teleajen este de a se detașa de celelalte printr-o scădere mai pronunțată a consistenței pentru condiții similare de solicitare, în timp ce a bitumului de la rafinăria nr. 1 Ploiești se atenuază, relevînd în primul caz o susceptibilitate mai mare, iar în al doilea o stabilitate mai mare la solicitare. Bitumurile de la rafinăriile Crișana și Vega mențin o comportare intermediară;

... la 30°C rezistența mai mare la curgere a biturilor neparafinoase și în special a bitumului de la rafinăria nr. 1 Ploiești devine mai evidentă;

... pentru temperatura de 60°C și temperaturi mai ridicate, valoarea raportului  $\zeta/Dr$  arată că decalajul comportării biturilor se menține, influența solicitărilor afectând într-o măsură mai mare biturile parafinoase.

Datele din tabelul III.3.3. ilustrează cele semnalate prin valorile atestate de vâscozitate la diferite temperaturi.

Valorile vâscozității dinamice pentru condiții de temperatură și efort variabil

Tabelul III.3.3.

Caracteristici	Bitum de la rafinăria:			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
<u>Vâscozitatea dinamică <math>\eta</math> în cP pentru <math>\zeta = 2,45 \cdot 10^6</math> dyn/cm<sup>2</sup></u>				
la 5°C	2,1.10 <sup>10</sup>	1,5.10 <sup>10</sup>	1,8.10 <sup>10</sup>	2,2.10 <sup>10</sup>
la 10°C	3,8.10 <sup>9</sup>	2,3.10 <sup>9</sup>	3,1.10 <sup>9</sup>	4,0.10 <sup>9</sup>
la 20°C	3,8.10 <sup>8</sup>	2,3.10 <sup>8</sup>	3,1.10 <sup>8</sup>	4,3.10 <sup>8</sup>
la 25°C	7,8.10 <sup>7</sup>	6,2.10 <sup>7</sup>	6,1.10 <sup>7</sup>	4,5.10 <sup>7</sup>
la 30°C	2,3.10 <sup>7</sup>	2,5.10 <sup>7</sup>	2,2.10 <sup>7</sup>	1,3.10 <sup>7</sup>
<u>Vâscozitatea dinamică <math>\eta</math> în cP pentru <math>\zeta = 1,96 \cdot 10^7</math> dyn/cm<sup>2</sup></u>				
la 5°C	1,4.10 <sup>10</sup>	5,2.10 <sup>9</sup>	8,5.10 <sup>9</sup>	1,5.10 <sup>10</sup>
la 10°C	2,1.10 <sup>9</sup>	8,8.10 <sup>8</sup>	1,2.10 <sup>9</sup>	2,3.10 <sup>9</sup>
la 20°C	2,8.10 <sup>8</sup>	8,0.10 <sup>7</sup>	1,4.10 <sup>8</sup>	4,0.10 <sup>8</sup>
<u>Vâscozitatea dinamică <math>\eta</math> în cP la 60°C pentru <math>\zeta = 1 \cdot 10^4</math> dyn/cm<sup>2</sup></u>				
la 60°C	1,5.10 <sup>5</sup>	2,1.10 <sup>5</sup>	1,8.10 <sup>5</sup>	5,2.10 <sup>4</sup>
<u>Pragul de tensiune <math>\zeta</math> în dyn/cm<sup>2</sup> pentru <math>Dr = 0,15</math> sec<sup>-1</sup></u>				
la 50°C	1,3.10 <sup>3</sup>	1,5.10 <sup>3</sup>	1,4.10 <sup>3</sup>	4,8.10 <sup>2</sup>
la 60°C	2,5.10 <sup>2</sup>	3,8.10 <sup>2</sup>	3,1.10 <sup>2</sup>	8,0.10
la 70°C	1,0.10 <sup>2</sup>	1,3.10 <sup>2</sup>	1,1.10 <sup>2</sup>	intră în curgere

.. luând în considerare valorile pragului de efort pentru temperaturile de 50°C, 60°C și 70°C înscrise în tabelul III.3.3. am stabilit că în toate cazurile considerate bitumu-

rile neparafinoase opun la curgere o rezistență superioară celor parafinoase și că dintre acestea bitumurile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești au structură mai gel avestă stabilitate la deformare mai mare decât celelalte. Față de aceste rezultate reiese că bitumul fabricat de rafinăria Crișana atestă o comportare mai apropiată de a bitumului de la rafinăria nr. 1 Ploiești în timp ce bitumul fabricat de rafinăria Vega o comportare ce se situează intermediar între aceea a bitumului provenit de la rafinăria Crișana și cel provenit de la rafinăria Teleajen;

. ca urmare caracteristicilor proprii, lucrarea a arătat că la prelucrarea bitumurilor se impun condiții diferite de temperatură. Astfel în tabelul III.3.4. sînt înscrise temperaturile cu importanță practică, deduse din curbele de curgere pentru vîscozitatea optimă de malaxare a bitumului cu agregatele minerale și de compactare a amestecurilor asfaltice, respectiv EVT 200, care reprezintă temperatura necesară de malaxare și EVT 20.000, care reprezintă temperatura necesară la compactare.

Valorile temperaturilor de echivîscozitate a bitumurilor cercetate

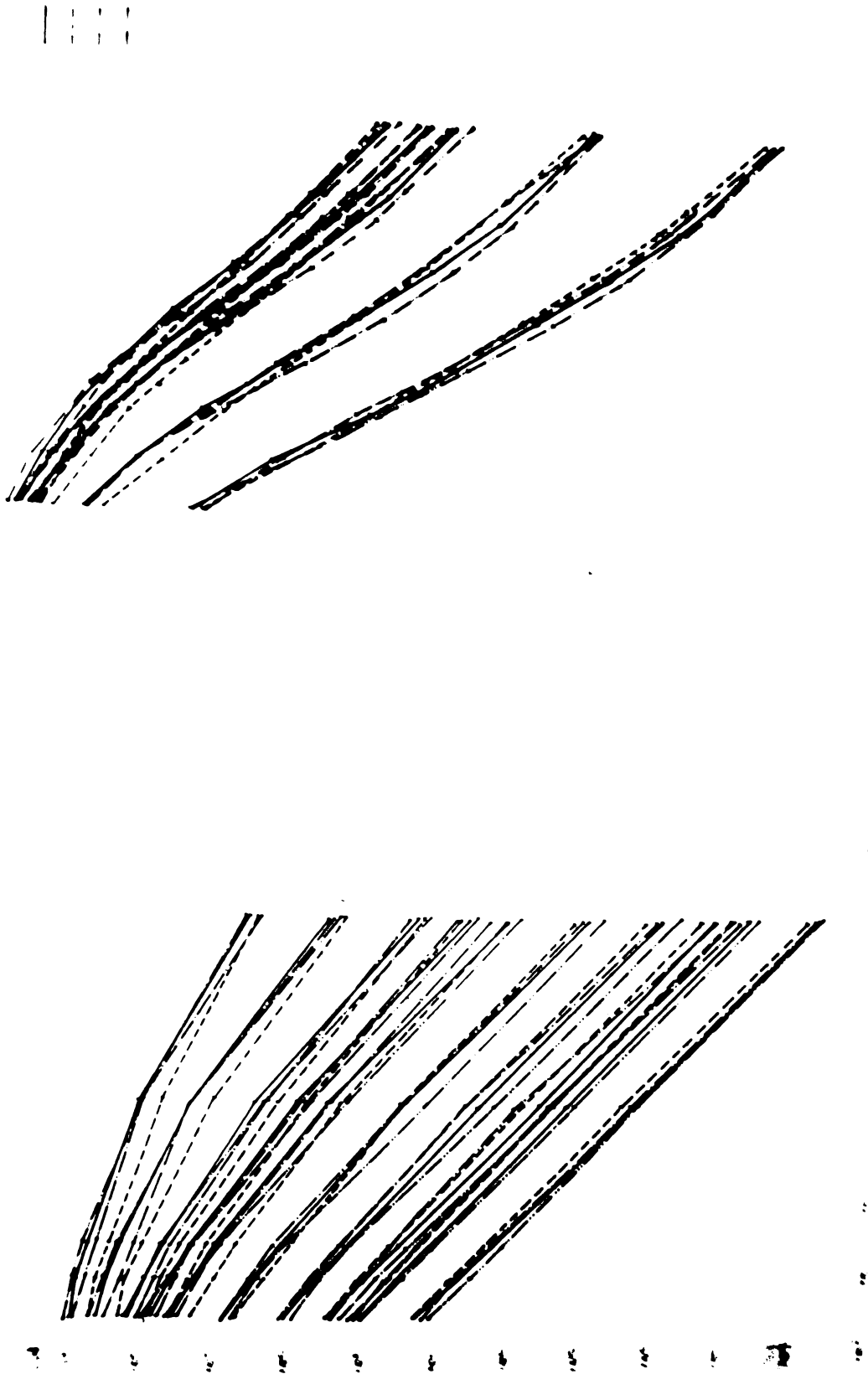
Tabelul III.3.4.

Temperatură de echivîscozitate	Bitum de la rafinăria:			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
EVT 200, °C	147	152	148	140
EVT 20.000, °C	80	83	82	70

Pe baza datelor înscrise în tabel am arătat că vîscozitățile respective corespund, ca urmare caracteristicilor proprii de stare a bitumurilor, la valori diferite pentru temperatură și anume că bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești a cărui stare de structură este mai pronunțată de gel, necesită pentru prelucrare și punere în operă temperaturi mai ridicate decât celelalte bitumuri neparafinoase iar pentru acestea temperaturile de lucru sînt mai ridicate decât pentru cele parafinoase de la rafinăria Teleajen, a cărui stare de structură este mai sol;

- modificările deduse din determinările modulului de

FIGURA 1. VARIETEA ABSOLUTĂ DE MOBILITATE (SA) AL PROIECTELOR MECANICE DE CULCARE CU DURATA DE ACȚIUNARE A SARCINII (SI) CU TEMPERATURĂ



rigiditate,  $S_b$ , prin care am lărgit domeniul condițiilor de investigație sînt prezentate grafic în lucrare prin curbele de curgere exprimate în funcție de durata de solicitare,  $S_b = f(t)$  pentru temperaturi de la  $-20^{\circ}\text{C}$  pînă la  $+60^{\circ}\text{C}$  în fig. III.3.4. și în funcție de temperatură,  $S_b = f(T)$  pentru durate de solicitare de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec. pînă la  $1 \cdot 10^4$  sec. în fig. III.3.5. Volumul mare de determinări mi-a permis în acest caz să stabilesc față de condiții

variate de încercare, modul de evoluție al stării de structură al fiecărui bitum și să trag concluzii asupra susceptibilității de rigidizare, precum și de deformabilitate în condițiile solicitărilor cu valori periculoase în exploatarea straturilor rutiere bituminoase. Astfel a rezultat că:

. toate bitumurile manifestă în funcție de natura și intensitatea solicitării, atît în ceea ce privește durata de acțiune a sarcinii cît și temperatură, schimbări de stare de aceeași natură, întrucît alura generală a curbelor de curgere este asemănătoare și arată pentru toate o trecere continuă de la starea elastică la starea vîsco-elastică. Valorile atestate de modul în această trecere, evidențiază însă că modificările de stare se produc în mod diferit de la un bitum la altul :

.. în condițiile extreme de acționare a solicitărilor, durate reduse și temperaturi scăzute valoarea modurilor,  $S_b$ , este ridicată, marcînd pentru toate bitumurile comportare predominant elastică; diferențierile de comportare între bitumuri apar într-o măsură mai mică;

.. pe măsură ce durata de solicitare și temperatura cresc rigiditatea bitumurilor caracterizează bitumurile mai gel, mai rezistente la deformare;

.. între  $30^{\circ}\text{C}$  și  $60^{\circ}\text{C}$  valoarea modurilor indică dimpotrivă modificări mai lente de stare în comportarea bitumurilor neparafinoase, structura lor mai gel opunînd o rezistență mai mare la deformare.

Durata de solicitare produce efecte similare celor produse de temperatură;

.. la  $60^{\circ}\text{C}$  și durate prelungite de solicitare, diferențierea de comportare dintre bitumurile neparafinoase și parafinoase se manifestă cel mai evident. Datele înscrise în tabelul

III.3.5. ilustrează prin valoarea pantei curbelor de curgere, stabilită în intervalul eforturilor tangențiale extreme pentru care s-au determinat modulii de rigiditate, că în domeniul temperaturilor scăzute de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $0^{\circ}\text{C}$  susceptibilitatea de modificare a rigidității biturilor parafinoase este mai redusă, în timp ce la temperaturi între  $+40^{\circ}\text{C}$  și  $60^{\circ}\text{C}$  tendința de reducere a rigidității crește comparativ mai mult.

Susceptibilitatea termică a biturilor pentru  
domenii diferite de variație ale duratei de  
solicitare

Tabelul III.3.5.

=====				
Bitum de la rafinăria :				
Temperatura	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
=====				
<u>Panta curbelor <math>S_b = f(t)</math> între <math>t=3 \cdot 10^{-2}</math> sec și <math>t=1 \cdot 10^{-1}</math> sec</u>				
la $-20^{\circ}\text{C}$	0,140	0,185	0,106	0,063
la $0^{\circ}\text{C}$	0,424	0,390	0,361	0,179
<u>Panta curbelor <math>S_b = f(t)</math> între <math>t=3 \cdot 10^{-1}</math> sec și <math>t=1 \cdot 10^4</math> sec</u>				
la $40^{\circ}\text{C}$	0,974	0,970	0,972	0,974
la $60^{\circ}\text{C}$	0,982	0,926	0,968	1,000
=====				

Față de rezultatele cercetărilor prezentate, prin care am urmărit modificările structurale ale biturilor sub efectul solicitărilor de la starea solidă la starea lichidă, apreciez că biturile neparafinoase a căror structură este mai gel și manifestă o tendință mai redusă de modificare a stării structurale odată cu schimbarea valorii solicitărilor sînt din punct de vedere rutier superioare biturilor parafinoase.

Astfel, în condiții extreme de solicitare, în care caracteristicile de comportare elastică sînt predominante, biturile neparafinoase manifestă o tendință de rigidizare mai redusă în timp ce în condițiile în care se manifestă pregnant componența viscoasă ele sînt mai rezistente la deformare.

Biturile parafinoase cu o comportare contrară apar mai puțin avantajoase, întrucît practic manifestă o tendință de

**Fig. 2.11. SISTEMA DE REPRESENTAÇÃO A  
PROCEDO AGRUPADO DE SUPLEN**

---

rigidizare mai mare, deci un pericol de fisurare sub sarcini grele, viteze crescute de solicitare și temperaturi atmosferice reduse, precum și o capacitate mai redusă de rezistență la deformare plastică sub sarcini grele, viteze reduse de solicitare și staționări, și temperaturi ridicate.

Comportarea la curgere caracterizează, dintre bitumurile neparafinoase, pe cele fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești ca mai avantajoase, urmate fiind de cele fabricate de rafinăriile Crișana și Vega, a căror comportare se situează intermediar între a celor provenite de la rafinăria nr. 1 Ploiești și rafinăria Teleajen.

În condițiile solicitărilor cu valori medii, comportarea biturilor este apropiată pentru toate.

### 3.3. Determinarea susceptibilității termice

Influența preponderentă și cu caracter continuu exercitată de variația regimului de temperatură asupra modificărilor de stare ale biturilor, în condiții curente de exploatare a drumurilor asfaltate, m-a determinat să dau o mai mare importanță determinărilor și să aprofundez investigațiile asupra comportării lor în condiții de temperatură variabilă, pentru stabilirea susceptibilității termice.

Aplicând metodele prezentate la pot. 2.4. am urmărit să relev comparativ totodată și modul de evoluție al biturilor atunci când, odată cu temperatura se modifică și valoarea celorlalți parametri, și durată de solicitare.

Față de multiplele investigații efectuate, rezultatele le-am prezentat pe intervale de temperatură care să acopere o gamă cât mai variată de modificări de stare și care să îmi permită să stabilesc susceptibilități termice cu caracter global precum și susceptibilități parțiale delimitate de condiții mai restrânse și care să ateste un interes practic mai important.

Rezultatele acestor determinări sînt prezentate în tabelul III.3.6. (anexa III, pag. 3) și în fig. IV.3.56. și fig. III.3.6.

Astfel în tabelul III.3.6. sînt prezentate valorile susceptibilității termice calculate corespunzător:



- relației III.12. pct. 1.3.3, avînd în vedere domeniul de caracterizare dintre temperatura de 25<sup>0</sup>C și temperatura corespunzătoare punctului de înmuiere, IB;

- relației:

$$a = \frac{\log \text{Pen } T_1 - \log \text{Pen } T_2}{T_1 - T_2} \quad \text{/III.17./}$$

unde  $T_1$  și  $T_2$  reprezintă temperaturile ce delimitează domeniul de determinărilor iar  $\text{Pen } T_1$  și  $\text{Pen } T_2$  valorile penetrației, în 1/10 mm, pentru aceste temperaturi, unde durata de solicitare este de 5 sec;

- relației:

$$a = \frac{\log \eta T_1 - \log \eta T_2}{T_2 - T_1} \quad \text{/III.18./}$$

corespunzător eforturilor de forfecare,  $\tau$ , de  $2,45 \cdot 10^6$  dyn/cm<sup>2</sup> și  $1,0 \cdot 10^4$  dyn/cm<sup>2</sup>; unde  $T_1$  și  $T_2$  reprezintă temperaturile ce delimitează domeniul de determinărilor iar  $\eta T_1$  și  $\eta T_2$  valorile vîscozităților dinamice, în cP pentru aceste temperaturi;

- graficului înscris în diagramele de reprezentare, din măsurători de penetrație și vîscozitate dinamică,

iar în fig. IV.3.56. variația susceptibilității termice pentru domenii de temperatură, din determinări de modul de rigiditate, pentru valori ale duratei de solicitare reduse ( $3 \cdot 10^{-2}$  sec) și durate de solicitare prelungite, corespunzătoare sarcinilor staționare ( $1 \cdot 10^4$  sec).

Toate aceste date mi-au dat posibilitatea să fac următoarele precizări:

- indiferent de modalitatea prin care se determină susceptibilitatea termică, valorile relevă că susceptibilitatea modificărilor de stare este diferită de la un bitum la altul;

- susceptibilitatea termică a biturilor variază de la un domeniu de temperatură la altul;

- modificările de stare determinate de variația temperaturii sînt influențate de valorile de acțiune ale celorlalți parametri, efort și durată de solicitare.

Pe baza acestor observații am desprins următoarele:

- fiecare bitum atestă o comportare specifică structurii lui coloidale și respectiv compoziției;

. bitumurile neparafinoase cu structură mai goală sunt mai puțin susceptibile de a-și modifica starea de structură dată cu modificarea regimului de temperatură, comparativ biturilor parafinoase, mai sol;

. bitumurile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești comparativ celor fabricate de rafinăriile Crișana și Vega sînt cele mai puțin susceptibile.

Ac acestea din urmă atestă comportări mai apropiate între ele și se situează intermediar celor fabricate de rafinăriile nr. 1 Ploiești și Teleajon,

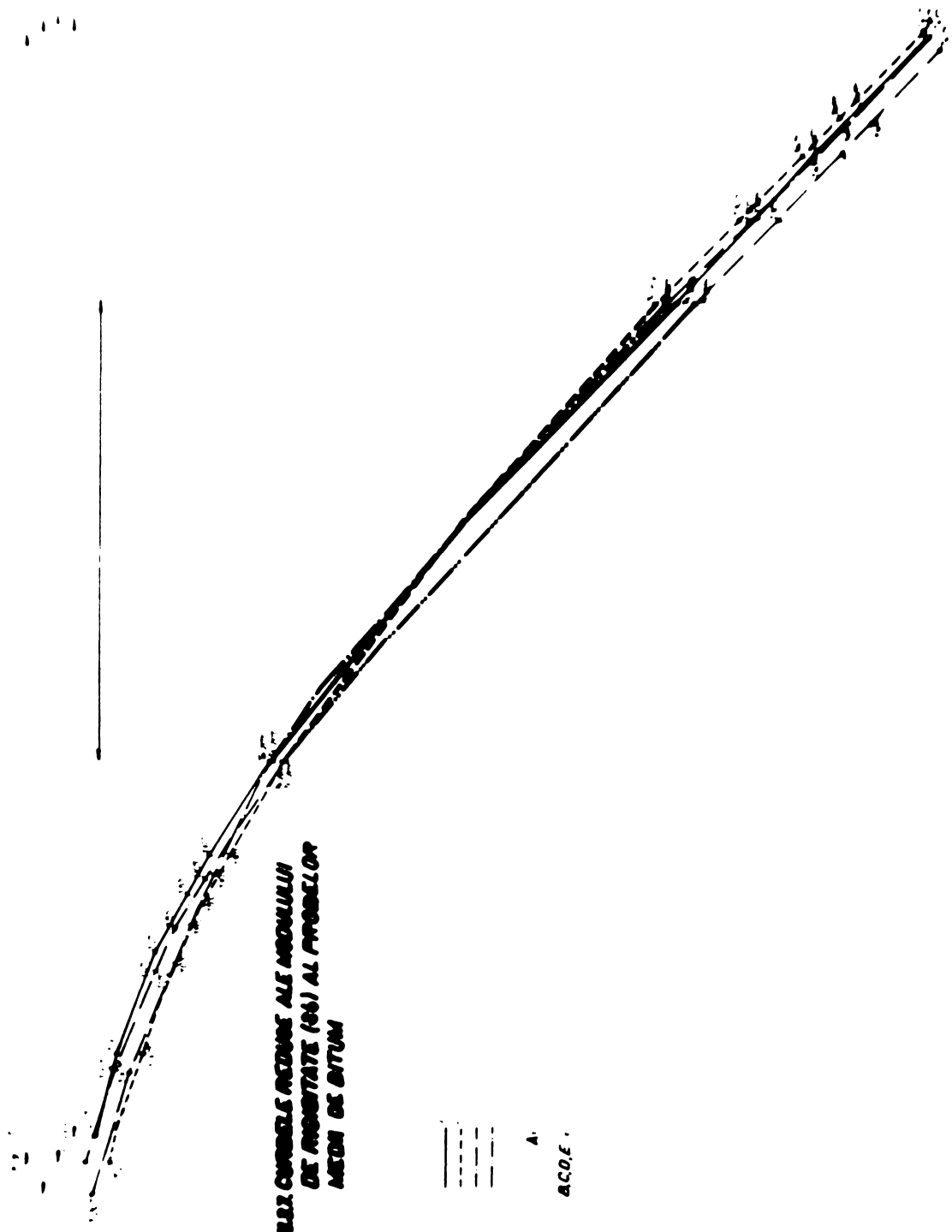
În funcție de domeniul de temperatură luat în considerație și ținînd seama și de valoarea parametrilor efort și durată de solicitare, bitumurile își mențin, urmare structurii, aceeași comportare specifică, întrucît:

. în domeniul temperaturilor ridicate, al solicitărilor de durată și al eforturilor mari, bitumurile neparafinoase atestă o susceptibilitate termică mai mică decît bitumurile parafinoase și dintre ele, bitumurile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești sînt cele mai puțin susceptibile;

. în domeniul temperaturilor scăzute și a duratelor reduse de solicitare susceptibilitatea termică a biturilor neparafinoase este mai mare decît a celor parafinoase, cel mai susceptibil fiind bitumul fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești;

- susceptibilitatea termică, determinată pe domenii de temperatură, în funcție de durata de solicitare, manifestă o variație mai redusă în domeniul temperaturilor scăzute, decît în domeniul temperaturilor medii și ridicate. În condițiile unor durate de solicitare mai mari pentru aceleași domenii de temperatură susceptibilitatea termică a biturilor crește.

Toate aceste rezultate mi-au permis să caracterizez bitumurile fabricate din țițeiuri neparafinoase ca atestînd și în ceea ce privește susceptibilitatea termică o comportare mai avantajoasă din punct de vedere rutier decît cele parafinoase, în condițiile temperaturilor scăzute iarna, prin capacitatea de a-și modifica mai ușor caracteristicile de stare iar față de condițiile curente de temperatură și a celor ridicate din timpul verii, prin tendința mai redusă de a-și modifica starea structurală. Comportarea rămîne avantajoasă și în ceea ce privește condițiile de solici-



PROIECTUL DE CONSTRUCȚIE ALI ANEXELOR  
 DE PROTECȚIE (06) ALI PROIECTULUI  
 MEȘI DE BITUM



A.  
 A.C.O.F.

tare de durată îndelungată, întrucît și în acest caz susceptibilitatea termică a biturilor rămîne mai redusă. Comparativ între ele, biturile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești mențin comportări ușor mai avantajoase celor fabricate de rafinăriile Crișana și Vega.

Biturile parafinoase ca urmare susceptibilității lor termice mai ridicate în domeniul temperaturilor medii și ridicate, precum și față de eforturi mari și durate de solicitare prelungite, cît și datorită susceptibilității mai reduse în domeniul temperaturilor scăzute și al eforturilor ridicate, rezultă ca mai dezavantajoasă din punct de vedere rutier, comparativ celor ne parafinoase.

#### 3.4. Caracterizarea comportării reologice a biturilor pe baza curbelor reduse

Similitudinea influențelor exercitate de factorii mecanici și temperatură asupra modificărilor de stare pe care le suferă un bitum, mi-a dat posibilitatea să stabilesc pentru fiecare dintre biturile cercetate comportarea cumulată produsă de acțiunea acestora.

Identitatea de efecte am stabilit-o în parte, pentru fiecare bitum, pe baza modulilor de rigiditate, care prin valoarea lor a arătat, pentru condiții diferite de solicitare, efecte de modificare structurală similare, așa cum rezultă din datele înscrise în tabelul III.3.7. (anexa III, pag. 4).

Valorile egale pentru modulii de rigiditate,  $S_b$ , se obțin pentru perechi diferite de valori ale duratei de solicitare și temperatură. Comportarea este comună tuturor biturilor și confirmă pentru aceste condiții modificări structurale de aceeași natură.

Valorile diferențiate, obținute pentru modulii diferitelor bitumuri stabiliți pentru aceleași condiții de determinare, mi-au dat posibilitatea să arăt că modificările de stare evidențiază structuri coloidale diferite și astfel să construiesc, inserînd grafic valorile obținute pentru fiecare bitum, curbele reduse sau unice, proprii.

Temperatura adoptată ca temperatură de referință în toate cazurile, a fost de  $20^{\circ}\text{C}$ .

Curbele unice corespunzător fiecărui bitum le-am prezentat în fig. III.3.7. Din alura lor am dedus că:

- trecerea de la o stare structurală la alta este continuă pentru toate bitumurile neevidențiind modificări de stare corespunzătoare unor tranziții bruște, aceasta confirmând același mod de transformare structurală suferit de bitum prin acțiunea singulară a parametrilor temperatură și timp de solicitare;

- caracterul general al curbelor este comun și arată caracteristici de comportare de aceeași natură pentru toate bitumurile urmare faptului că ele corespund aceluiași tip de consistență. Panta puțin înclinată față de axa  $a_T$  a curbelor stabilite, luând în considerare acțiunea cumulată, durată de solicitare-temperatură, pentru domeniul temperaturilor scăzute și duratelor reduse, o comportare predominant elastică. Pe măsura creșterii temperaturii și a duratei de solicitare, panta se mărește și arată o trecere a comportării elastice într-o comportare visco-elastică în care componenta viscoasă se manifestă mai mult sau mai puțin pregnant în funcție de valoarea temperaturii și a provenienței bitumului. Astfel:

. curba redusă caracterizează bitumurile neparafinoase ca manifestând față de condițiile temperaturilor scăzute și a duratelor de solicitare reduse, o stare de rigidizare inferioară bitumurilor parafinoase și că pe măsura creșterii temperaturii și duratei de solicitare, starea de rigiditate a rețelelor coloidale se reduce comparativ mai încet decât a acestora. Ca atare, ca și din determinările anterioare apreciez că aceste bitumuri se caracterizează din punct de vedere rutier ca mai avantajoase prin deformabilitatea mai mare în domeniul temperaturilor scăzute și a duratelor reduse de acționare a sarcinii, domeniul în care o rigidizare excesivă a rețelei coloidale ar crește pericolul fisurării straturilor rutiere bituminoase, cât și pentru rezistența mai mare la deformare în domeniul temperaturilor ridicate și a sarcinilor de durată, unde reducerea mai lentă a rigidității rețelei coloidale atenuează tendința de deformare plastică și deci apariția fenomenelor de formare de fugașe, vâluriri etc. în strat, sub circulație;

. curba redusă a bitumurilor provenite de la rafinăria nr. 1 Ploiești indică o comportare reologică ușor mai avantajoasă comparativ celor de la rafinăriile Crișana și Vega întrucât;

.. prin capacitatea de deformare crescută în domeniul temperaturilor scăzute și duratelor reduse de solicitare, atenuează într-o măsură mai mare pericolul de fisurare în perioadele periculoase de exploatare a drumurilor, iarna;

.. prin menținerea unei rezistențe la curgere superioară pe tot parcursul modificării condițiilor de solicitare și în special în condițiile temperaturii de 60°C și duratelor de acționare a sarcinii prelungite, atenuează mai mult pericolul producerii fenomenelor caracteristice de deformare plastică;

. curba redusă a biturilor de la rafinăriile Crișana și Voga caracterizează aceste bitumuri și în condițiile de solicitare cumulată ca atestând caracteristici structurale și de comportare reologică intermediare celor de la rafinăriile nr. 1 Ploiești și Teleajen;

. curba redusă a bitumului de la rafinăria Teleajen indică din punct de vedere al condițiilor de solicitare datorită susceptibilității mărite la rigidizare pe care o manifestă în domeniul temperaturilor scăzute și duratelor reduse de solicitare, o tendință de fisurare sporită și totodată, datorită susceptibilității la deformare mai mare, deci tendinței de reducere mai pronunțată a consistenței pentru condițiile de temperatură ridicată și durate crescute de solicitare, o tendință de deformare plastică mai mare, caracteristici care dezavantajează comportarea straturilor rutiere executate cu acest bitum.

Toate aceste constatări semnalate și care rezultă ca o concluzie a cercetării reologice, curbele unice de curgere integrând efectele de solicitare, mi-au permis să apreciez că:

- biturile neparafinoase atestă din punct de vedere rutier caracteristici superioare care confirmă influența structurii lor mai gel;

- modul de comportare reologic al biturilor este dirijat de structură care este determinat de compoziție și respectiv de materia primă și procesul tehnologic de fabricare al biturilor;

- biturile parafinoase se situează calitativ inferior biturilor neparafinoase ca urmare structurii lor mai sol la care se asociază și conținutul mai ridicat în parafină;

- pentru o utilizare rațională în tehnica rutieră dat fiind caracteristicile specifice de comportare este necesar ca biturile să fie utilizate în funcție de caracteristicile lor proprii.

4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA CARACTERISTICILE DE  
COMPORTARE REOLOGICA ALE BITURILOR FABRI-  
CATE DIN TITELURI ROMANESTI

Obiectul cercetărilor în cadrul acestui capitol 1-a constituit determinarea caracteristicilor de curgere ale biturilor față de condiții de încercare extinse celor obișnuite de investigație, care să acopere domeniul solicitărilor la care sînt supuse straturile rutiere bituminoase în exploatarea curentă a drumurilor.

Pentru realizarea scopului propus am caracterizat structura și am urmărit modificările de stare și susceptibilitatea de producere a modificărilor prin determinări de vîscozitate dinamică  $\eta$ , și modul de rigiditate,  $S_b$ , în condiții de temperatură de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+135^{\circ}\text{C}$ , de durată de solicitare de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec la  $1 \cdot 10^4$  sec și de efort tangențial de la  $1 \cdot 10^2$  dyn/cm<sup>2</sup> la  $4 \cdot 10^7$  dyn/cm<sup>2</sup>.

Față de multiplele determinări efectuate în condițiile variate de încercare semnalate, numărul mare de rezultate obținute mi-a impus pentru interpretare exprimarea lor grafică și stabilirea curbelor de curgere:  $\zeta = f(v)$ ;  $\zeta = f(Dr)$ ;  $S_b = f(T)$ ;  $S_b = f(t)$ , a curbelor reduse  $S_b = f(T, t)$ , a curbelor de reprezentare Pen,  $\eta = f(T)$  precum și a curbelor de variație a susceptibilității termice cu temperatura  $a = f(T)$ .

Dat fiind volumul mare de lucrări, rezultatele mi-au mai permis să desprind consecințe directe pe care implicațiile structurii și evoluției ei le exercită asupra comportării straturilor rutiere bituminoase.

Din cele expuse în cadrul tezei prezint succint, ca mai importante, următoarele constatări și concluzii:

- compoziția biturilor determină o stare de structură caracteristică fiecăruia după natură și proveniență:

. indicii de caracterizare structurală obținuți din rezultatele de analiză ale compoziției relevă o structură mai dispersată, cu un grad de asociere mai redus al asfaltanelor, în cazul biturilor parafinoase și o structură mai formată, urmare legăturilor mai strînse dintre asfaltene, în cazul biturilor neparafinoase;

. indicele de penetrație obținut din date de comportare,  $P_{25}$  și IB caracterizează bitumurile neparafinoase ca atestând o structură mai gel decât cele parafinoase și pentru toate o comportare visco-elastică. Limitele de variație de la -1 la +1 ale acestui parametru mi-au permis să precizez că bitumurile românești sînt asemănătoare din punct de vedere structural bitumurilor de drumuri utilizate în alte țări;

. pe baza rezultatelor obținute am desprins că bitumurile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești atestă o structură mai gel decât cele de la rafinăria Crișana, iar cele de la rafinăria Vega o structură intermediară între cele de la rafinăria Crișana și Toleajen, dar mai apropiată de a acestora din urmă;

- modificările de stare reprezentate prin curbele ce integrează rezultatele cercetării din măsurători de vîscozitate și modul de rigiditate mi-au permis să relev:

. un caracter general comun de comportare al biturilor ce evidențiază transformări structurale de aceeași natură și o trecere continuă de la starea solidă, unde comportarea este dominată de componenta elastică, la starea lichidă, unde comportarea este dominată de componenta viscoasă;

. comportări specifice pentru fiecare bitum, determinate de starea structurală proprie, care se manifestă cu mai multă pregnanță în condițiile solicitărilor cu valori extreme unde este mai semnificativă influența componentei elastice sau a celei viscoase, decât în condițiile solicitărilor cu valori intermediare.

Analizînd rezultatele obținute am mai desprins că:

.. bitumurile neparafinoase, care prin caracteristicile de structură mai gel opun rezistențe mai mari la curgere decât bitumul parafinos, manifestă față de solicitare, modificări de stare mai reduse și mai lente;

.. bitumurile parafinoase cu o structură mai sol, mai sensibilă față de valoarea solicitărilor își modifică mai ușor starea de structură decât bitumurile neparafinoase și modificările sînt mai rapide și mai accentuate. Luînd în considerare variația condițiilor de solicitare am evidențiat oă:

... față de temperaturi și durate de solicitare reduse, bitumurile neparafinoase mențin stări de structură mai pu-



țin rigidizate cât și o tendință de rigidizare mai redusă. Valorile parametrilor de stare, vîscozitate și modul de rigiditate, pentru toate aceste bitumuri relevă o rigidizare mai redusă a stării de structură comparativ celor prezentate de bitumurile parafinoase în timp ce cele ale susceptibilității termice sînt mai mari;

... pe măsura creșterii temperaturii, a efortului și a duratei de solicitare, toate bitumurile înregistrează o modificare de stare cu reducerea consistenței. Comportarea relevă treptat o apropiere de manifestare față de solicitări, între bitumuri pînă în jurul temperaturii de  $30^{\circ}\text{C}$  cînd rigiditatea structurală a bitumurilor parafinoase începe să se reducă mai mult decît aceea a bitumurilor neparafinoase în timp ce susceptibilitatea termică începe să crească mai mult;

... în condițiile temperaturilor ridicate, a eforturilor crescute și a duratelor de solicitare prelungite, comportarea se menține diferențiată și decalajul dintre bitumuri se accentuează. Din valorile parametrilor de stare se desprinde că bitumurile parafinoase suferă un proces de destructurare mai intens comparativ celorlalte și pentru valori mai reduse de solicitare intră în curgere newtoniană, așa cum rezultă din valoarea determinată pentru pragul de tensiune stabilit pentru un gradient al vitezei de forfecare de 0,15 sec. Aceasta arată că bitumurile parafinoase intră în curgere la  $70^{\circ}\text{C}$ , temperatură la care bitumurile neparafinoase mai păstrează încă o vîscozitate de structură;

... diferențierile constatate între bitumurile neparafinoase sînt mai reduse și caracterizează bitumul de la rafinăria nr.1 Ploiești, cu structura cea mai gel, mai rezistent la curgere decît cel de la rafinăria Crișana și pe acesta mai rezistent decît cel de la rafinăria Vega.

Aceste constatări mi-au permis să arăt că temperaturile optime de prelucrare ale bitumurilor în procesul de fabricare al amestecurilor asfaltice și de compactare al straturilor rutiere bituminoase diferă de la un bitum la altul și să stabilesc astfel pentru fiecare dintre ele valori corespunzătoare lui EVT 200 (temperatura bitumului la malaxare) și EVT 20.000 (temperatura amestecurilor la compactare) valori care în cazul bitumurilor fabricate la rafinăriile nr.1 Ploiești, Crișana și Vega sînt mai ridicate decît bitumul fabricat de rafinăria Teleajen.

Apreciez că diferențierea de comportare dintre bitumurile parafinoase și cele neparafinoase rezultă ca o consecință a însumării efectelor unei structuri mai sol cu un conținut mai ridicat în parafină cu punct de solidificare scăzut.

Analizând în ansamblu problemele abordate am tras concluzia că bitumurile cercetate desi corespund aceluasi tip de clasificare, prin caracteristicile de comportare se diferențiază între ele, astfel că cele neparafinoase se grupează cu o comportare mai apropiată decât cele parafinoase, dar specifică fiecăruia. Bazându-mă pe rezultatele obținute, am evaluat comparativ performanța lor din punct de vedere rutier astfel:

- bitumurile neparafinoase a căror structură este mai sol și manifestă o tendință mai redusă de a-și modifica starea de structură odată cu schimbarea condițiilor de solicitare sînt din punct de vedere rutier superioare bitumurilor parafinoase. În condițiile extreme de solicitare în care caracteristicile de comportare elastică sînt predominante, bitumurile neparafinoase manifestă o tendință mai redusă de rigidizare și atestă o susceptibilitate termică mai mare, în timp ce în condițiile în care se manifestă mai pregnant componenta vîscoasă, bitumurile sînt mai rezistente la deformare și mai puțin susceptibile față de temperatură.

Prin această comportare bitumurile neparafinoase pot conferi mixturilor asfaltice și respectiv straturilor rutiere bituminoase o rezistență mai mare la fisurare sub sarcini grele și viteze crescute de circulație în perioadele de exploatare a drumurilor nefavorabile, cînd capacitatea portantă a patului drumului se reduce. De asemenea ele pot conferi o rezistență crescută la deformare plastică sub sarcini grele și viteze reduse de circulație sau staționări în perioadele calde ale anului cînd sînt favorizate procesele de formare a făgașelor, a vîlurilor și a altor fenomene de deformare plastică;

- bitumurile parafinoase cu structură mai sol, din a căror comportare, (luînd în comparație comportarea bitumurilor neparafinoase) o tendință de rigidizare mărită la acțiunea solicitărilor de scurtă durată și a temperaturilor scăzute, dublată de o susceptibilitate termică mai mică, iar la temperaturi ridicate și sub sarcini de durată o tendință mai pronunțată de deformare plastică dublată de o susceptibilitate termică mărită, vor transmite

mixturilor asfaltice o sensibilitate la fisurare sub trafic în perioadele nefavorabile ale anului, iar în perioadele calde vor favoriza apariția fenomenelor de vâlurire, formare de rășase etc.

Aceste constatări m-au îndreptătit să consider ca o necesitate de mare importanță rationalizarea folosinței biturilor în tehnica rutieră în funcție de proveniența fiecăruia:

- biturile neparafinoase să fie destinate lucrărilor principale și în funcție de performanța lor:

. biturile fabricate de rafinăria nr.1 Ploiești în construcția autostrăzilor și a drumurilor naționale cu trafic mai important, în regiuni climatice unde temperatura înregistrează oscilațiile cele mai mari, în decursul anului;

. biturile fabricate de rafinăriile Crișana și Vega pentru drumuri cu un trafic mediu și o climă mai moderată;

- biturile parafinoase fabricate de rafinăria Toleajen mai susceptibile față de acțiunea solicitărilor să fie utilizate în straturile inferioare ale sistemului rutier sau pe drumuri cu trafic mai redus și zone climatice cu ecartul cel mai mic de temperatură, în decursul unui an,

Utilizarea biturilor în funcție de capacitatea lor calitativă va putea asigura odată cu calitatea mixturilor asfaltice și viabilitatea drumurilor. În felul acesta se vor evita degradările premature și nu se vor mai investi bani pentru cheltuielile suplimentare de întreținere.

## C A P I T O L U L I V

### CARACTERIZAREA BITUMURILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL SUSCEPTIBILITATII LA IMBATRINIRE

1. STADIUL CERCETARILOR PRIVIND SUSCEPTIBILITATEA LA IMBATRINIRE A BITUMURILOR
2. METODOLOGIA ADOPTATA PENTRU CERCETAREA BITUMURILOR FABRICATE DE RAFINARIILE VEGA, NR. 1 PLOIESTI, CRISANA SI TELEAJEN DIN PUNCT DE VEDERE AL SUSCEPTIBILITATII LA IMBATRINIRE
3. REZULTATELE CERCETARILOR PRIVIND SUSCEPTIBILITATEA LA IMBATRINIRE
4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA SUSCEPTIBILITATEA LA IMBATRINIRE A BITUMURILOR FABRICATE DIN TITEIURI ROMANESTI

CAP. IV CARACTERIZAREA BITUMURILOR DIN PUNCT  
DE VEDERE AL SUSCEPTIBILITĂȚII LA  
ÎMBĂTRINIRE

1. STADIUL CERCETĂRIILOR PRIVIND SUSCEPTIBILITATEA LA  
ÎMBĂTRINIRE A BITUMURILOR

1.1. Considerații generale

Semnificația dată termenului de îmbătrânire a biturilor, în tehnica rutieră, privește transformarea ireversibilă a compoziției cu consecințe directe asupra proprietăților de utilizare.

Intensitatea cu care se produce fenomenul, poate limita prin influența pe care o exercită, durata utilă de folosință a biturilor și implicit durata de exploatare a straturilor rutiere bituminoase.

În procesul de îmbătrânire al mixturilor asfaltice cu un dozaj corect și punere în operă corespunzătoare, precum și în condiții de dimensionare judicioasă a sistemului rutier, cauza degradărilor premature a drumurilor asfaltate revine bitumului și nu agregatului mineral, care numai printr-o calitate necorespunzătoare poate contribui la grăbirea deteriorării.

În general, transformările unui bitum sînt lente, dar în timp se accentuează și conduc la pierderea completă a proprietăților liante. Viteza de transformare este determinată de compoziție și de condițiile de solicitare.

Practic, îmbătrînirea se manifestă prin efecte de opacizare, pierderea supleții, mărirea fragilității, fisurare și pierderea coeziunii, iar în final printr-o durificare excesivă.

Procesele de degradare sînt complexe și greu de definit. În principiu sînt constituite din procese fizice de pierdere prin volatilizare a compușilor ușori și procese chimice de transformare a componentilor ușori în componenți grei.

Se definesc superioare din punct de vedere al îmbătrînirii, biturile care atestă o capacitate mărită de a păstra un timp cât mai îndelungat consistența sub o valoare critică.

Se consideră că pentru lucrările de drumuri pot fi utilizate bitumuri cu P<sub>25</sub> pînă la maxim 40 1/10 mm întrucît s-a constatat că după 8-10 ani de exploatare în condiții normale de solicitare a straturilor rutiere bituminoase, biturile își

educ consistența apreciabil putînd ajunge pentru un bitum cu  $P_{25} = 80-100$   $1/10$  mm, pînă la 25  $1/10$  mm; în cazul bitumurilor cu  $P_{25} = 15$   $1/10$  mm, mediul de dispersie prea vîscos nu mai permite deplatarea micelilor între ele și la cel mai mic efort se produce fisurarea /9/ /57/.

Pînă în prezent nu a putut fi stabilit un criteriu de calitate unanim acceptat care să permită aprecierea calității bitumului la sfîrșitul duratei de exploatare a stratului bituminos. Totuși necesitatea cunoașterii susceptibilității la îmbătrînire a bitumurilor, ca urmare faptului că sursele de materie primă s-au înmulțit și condițiile de trafic au devenit mai severe, a implicat cercetări pretutindeni. /58/ /59/ /65/.

Cu toate eforturile depuse, rezultatele nu pot atinge încă nivelul de elucidare dorit, întrucît posibilitățile practice ale încercărilor de laborator au un caracter convențional, iar cercetările experimentale necesită durate îndelungate de investigație.

## 1.2. Procesul de îmbătrînire

Bitumul fiind un produs organic, modificările de compoziție încep să se producă de la fabricație. Fiind imperceptibile pînă în momentul prelucrării pe șantier, ele nu sînt periculoase, dar înoălzirea prelungită în rezervoare sau malaxarea cu agregate minerale calde amplifică procesele de transformare și accelerează îmbătrînirea. În condiții extreme, degradarea poate merge pînă la coacș. Treptele de producere ale procesului de îmbătrînire se consideră că se desfășoară după cum urmează /9/:

- prima perioadă, de formare a unei texturi aglutinante ca urmare evaporării uleiurilor ușoare și în parte datorită unor reacții chimice ce se produc sub acțiunea căldurii și a luminii;

- a doua perioadă, de transformare a structurii aglutinante într-o rețea tridimensională foarte rezistentă la deformare și fisurare, care odată ce apare se autorepară. Formarea rețelei se datorește pe de o parte unei redistribuiri a componentilor în structura micelară, ca urmare evaporării parțiale a uleiurilor ușoare și pe de altă parte formării unor noi componente. Cu cît această perioadă este mai îndelungată, cu atît comportarea mixturii se menține corespunzătoare și durata de exploatare a straturilor bituminoase se prelungeste;

- a treia perioadă este de îmbătrânire propriu zisă. În acest moment odată cu pierderea plasticității, bitumul pierde și proprietățile coezive. Această perioadă este legată de formarea unei texturi tridimensionale rigide care la apariția celor mai mici forțuri locale, produse de neuniformitățile din structura rețelei icelare, se dezmembrează. Degradarea straturilor rutiere bituminoase devine periculoasă atunci când temperatura scade foarte mult sau circulația se caracterizează printr-un trafic greu. Fenomenul se produce întrucât liantul interpus între granulele de agregat mineral, supus unor forțe de tracțiune care depășesc rezistența lui la întindere nu mai rezistă și se destramă. Procesul se produce cu atât mai ușor cu cât liantul este mai îmbătrânit.

Atestând o structură coloidală, transformările lente în faza inițială în unele cazuri de constituție a bitumului sînt avantajoase, întrucît accentuează caracterul vîsco-elastic al stărilor sol-gel. Transformările ulterioare ce produc gelificarea sînt periculoase și sînt cu atît mai dăunătoare cu cît iau o amploare mai mare.

Intensitatea de transformare depinzînd în afara condițiilor de solicitare, de compoziția bitumului, o contribuție importantă atestă în susceptibilitatea producerii proceselor de îmbătrînire și originea și procesul de fabricație prin care s-a obținut. Din acest punct de vedere biturile naturale sînt cele mai rezistente la îmbătrînire, cele de cracare cele mai sensibile, iar biturile de oxidare mai rezistente decît cele de distilare.

Din punct de vedere al compoziției, biturile bogate în hidrocarburi saturate îmbătrînesc mai greu deși în prima fază atestă un grad de întărire mai pronunțat.

Un stadiu de îmbătrînire periculos prin gradul pronunțat de transformare suferit de bitum se produce la prelucrare, în procesul de fabricare al mîxturii asfaltice, cînd are loc peliculizarea bitumului pe suprafața caldă a agregatelor minerale.

Modificările în primul an de exploatare sînt considerate mai importante decît în anii următori și efectele mai pronunțate de îmbătrînire apar în straturile superficiale ale îmbrăcămintii bituminoase care sînt direct și continuu solicitate, dar se atenuează pe adîncime; ca atare pătura superioară manifestă pînă la un anumit stadiu de degradare o acțiune protectoare asupra restului îmbrăcămintei. Cu timpul, creșterea gradului de îmbătrînire

și pe adâncimea stratului, amorsează degradarea în masă.

### 1.3. Factorii implicați în procesul de îmbătrânire

Fenomenul îmbătrânirii biturilor este deosebit de complex și în desfășurarea lui conlucrează factori de natură diferită, ale căror efecte se întrepătrund și se însumează.

Importanța preponderentă revine factorilor de prelucrare - punere în operă și în mod deosebit căldurii. Cu o influență de durată, dar de o amploare mai redusă acționează agenții climaterici și factorii de trafic prin mărimea sarcinii, viteza de circulație și frecvența solicitării.

Reproducerea într-un cadru de laborator a proceselor de îmbătrânire ce au loc în prima perioadă este într-o oarecare măsură posibilă, nu însă și pentru celelalte.

#### 1.3.1. Intărirea fizică

Cauza generatoare a întăririi fizice ireversibile o constituie evaporarea fracțiunilor ușoare din uleiuri, ca urmare a acțiunilor exercitate de căldură în timpul prelucrării și agenților climaterici în timpul exploatarei. Același efect, dar în parte reversibil exercită fracțiunea fină a agregatului mineral din mixtura asfaltică.

Fenomenul se amplifică atunci când procesele de evaporare sau adsorbție devin foarte intense. Pelicula de liant reziduală care poate fi foarte subțire și rigidizată se degradează ușor.

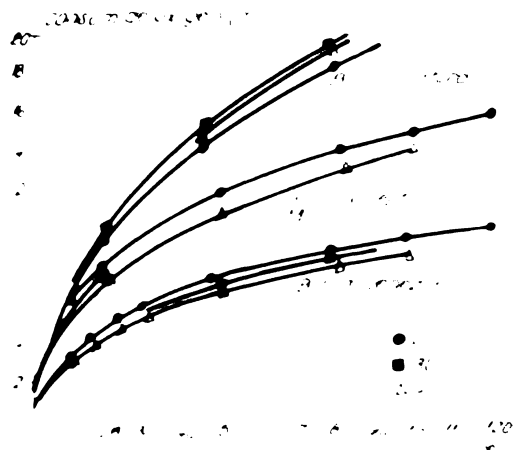
Pierderile prin evaporare sînt dependente de natura și compoziția fracțiilor ușoare din bitum și de valoarea temperaturii. În general, sînt reduse când încălzirea este moderată, dar se intensifică vertiginos atunci când temperatura crește foarte mult.

#### 1.3.2. Intărirea chimică

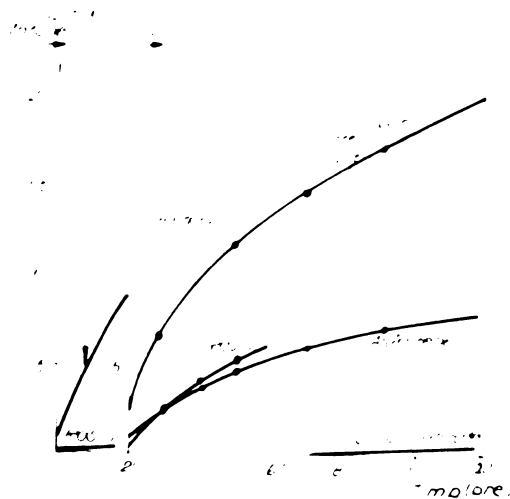
Îmbătrânirea prin modificări de compoziție rezultă ca urmare reacțiilor chimice pe care le produce acțiunea cumulată a mai multor factori. Preponderentă este acțiunea agenților oxidanți din atmosferă, a radiațiilor și a căldurii /1/ /9/ /60/.

Transformările sînt progresive și ireversibile. Componentii ușori sînt transformați în produși mai grei, cu masă moleculară mai mare și structură mai condensată. Formarea carboidelor





**Fig. IV.1.1. OXIDAREA BITUMURILOR LA LUMINA, LA DIFERITE TEMPERATURI (CONCENTRATIA 1,25g IN 50 ml)**



**Fig. IV.1.2. ABSORBȚIA OXIGENULUI DE CATRE COMPONENTII SEPERATI DINTR-UN BITUM DIN VENEZUELA**

prezintă cazul extrem de îmbătrânire și se produce în special la răscălzirea filmelor subțiri de bitum.

Reacțiile predominante sînt de oxidare, dehidrogenare, condensare și polimerizare.

Din punct de vedere structural întărirea chimică produce o creștere a gradului de gelificare care depășește pregnant pe cel al întăririi fizice. Se semnalează ca mai importante în procesul de îmbătrânire chimică:

- acțiunea factorilor oxidanți din atmosferă, oxigenul din aer și într-o măsură mai redusă ozonul. S-a dovedit că oxigenul din aer contribuie la degradarea bitumului în timp, prin formarea de compuși cu masă moleculară crescută și grupări polare, ceea ce amplifică acțiunea lui poate fi amplificată de lumină, căldură și creșterea duratei de expunere.

Datorită vitezei de difuziune redusă a oxigenului în masa bitumului îmbătrânirea începe de la suprafață. Efectul se consideră că se produce pe o adîncime redusă și pelicula formată joacă un rol protector asupra straturilor inferioare. Odată cu disiparea ei crește viteza de deteriorare a bitumului în adîncime. În acest proces sînt afectate toate grupele de compuși, cu o viteză mai mare sau mai mică în funcție de gradul lor de reactivitate. Cercetările de laborator au arătat că toți compușii bitumului sînt susceptibili la oxidare, așa cum rezultă din graficul în fig. IV.1.1., dar că hidrocarburile aromatice condensate, parțial hidrogenate sînt cele mai reactive. Analiza spectrală în IR asupra grupărilor carbonil efectuate pe parcursul procesului de oxidare a arătat creșterea procentului de compuși cu grupări funcționale, pe măsura creșterii timpului de expunere și că viteza de oxidare crește invers proporțional cu durabilitatea bitumului [61/73]; graficul din fig. IV.1.2. arată că fiecare bitum fixează cantități diferite de oxigen în funcție de origine;

- acțiunea radiațiilor de diferite lungimi de undă, ca și în mod similar agenților oxidanți exercită o acțiune de degradare importantă în timp a bitumului în perioada de exploatare, ca urmare a expunerii continue la acțiunea radiațiilor solare. În general, radiația solară se consideră că este aloătuită, așa cum se arată în tabelul IV.1.1., din radiații de diferite lungimi de undă.

Componenta radiației solare

Tabelul IV.1.1.

Componente	Compoziția %	Lungimea de undă nm	Energia Kcal.
Ultraviolet îndepărtat	urme	100-200	200
Ultraviolet apropiat	4	200-380	100
Vizibil	42	380-760	50
Infraroșu	54	peste 760	0,5-6

Pentru a se studia intensitatea cu care acționează diferite radiații asupra biturilor au fost utilizate surse de radiație mai mult sau mai puțin apropiate de elementele radiației solare, precum și radiații monocromatice de anumite lungimi de undă /51/. Concluziile cercetărilor au arătat oă:

- . aproape toată energia radiantă este consumată în reacțiile de oxidare, iar viteza de oxidare crește odată cu intensitatea radiației;
- . toate radiațiile exercită efecte distructive asupra biturilor, dar gradul de influență este mai dăunător în cazul radiațiilor UV și mai puțin sever în cazul radiațiilor vizibile. Acest efect se manifestă în final prin modificarea compoziției chimice și implicit a structurii;
- . radiațiile UV sînt adsorbite de bitum pe o adîncime mică și ca atare efectul lor sub această adîncime este practic nul;
- . radiațiile IR determină degradări prin facilitarea reacțiilor chimice care sînt activate de căldură;
- . aproape toți componenții biturului sînt susceptibili la foto-oxidare. Explicația teoretică a degradării produse de intensitatea radiațiilor UV presupune declanșarea unor reacții foto-chimice cu apariția de radicali liberi. Aceste reacții au loc cînd biturile adsorb molecule cuante de energie din UV și se scindează;
- . efectele radiațiilor cresc pe măsura creșterii timpului de expunere. Ele pot fi evidențiate prin încercări ce stabilesc creșterea de consistență, prin determinări de compoziție sau

prin modificările din spectrul de absorbție în IR și în special a numărului de grupări carbonil;

- acțiunea căldurii, care în reacțiile compușilor organici reprezintă un factor de creștere a vitezelor de reacție. Efectul ei depinde de compoziția și respectiv originea și modul de prelucrare al bitumului. Sub acest aspect bitumurile de oxidare sînt cele mai rezistente, iar cele de cracare cele mai sensibile.

Cercetările efectuate privesc preponderent acțiunea căldurii asupra bitumului în cadrul studiilor de laborator sau la prelucrare pe șantier și mai puțin efectul produs de căldură în timp, pe parcursul exploatării drumului /1/ /9/ /64/. În acest sens s-a dovedit că:

. o încălzire în recipiente mici fără agitare, 5 ore la 250°C transformă:

.. un bitum cu  $P_{25} = 180-220$  1/10 mm într-un bitum  
cu  $P_{25} = 80-120$  1/10 mm;

.. un bitum cu  $P_{25} = 80-120$  1/10 mm într-un bitum  
cu  $P_{25} = 40-50$  1/10 mm;

.. un bitum cu  $P_{25} = 40-50$  1/10 mm într-un bitum  
cu  $P_{25} = 28-30$  1/10 mm;

. la foc direct cu sau fără agitare, modificările se amplifică și devin cu atît mai periculoase cu cît cantitatea de bitum supusă încălzirii este mai redusă, timpul de încălzire mai îndelungat și temperatura este mai ridicată. La nivelul pereților calzi degradarea merge pînă la cocsificare;

. în condiții protejate transformările sînt reduse și efectul lor apare printr-o ușoară creștere a caracterului visco-elastic al bitumului;

. un bitum devine fragil atunci cînd valoarea penetrației coboară sub 15 1/10 mm;

. la prelucrare pe șantier intensitatea maximă a efectului caloric se produce în procesul de fabricare al mixturilor asfaltice și punere în operă.

Procesele de transformare produse sub acțiunea căldurii determină trecerea uleiurilor în rășini; a rășinilor în asfaltene

și a asfaltenelor în produși grei. Reacțiile predominante sînt reacții de oxidare-polimerizare-condensare. Raportul de transformare se amplifică pe măsura creșterii temperaturii de încălzire a bitumului și devine periculos în procesul de prelucrare al mixturilor asfaltice dacă agregatele minerale sînt supraîncălzite. Se apreciază că acest efect este mai pregnant decît acțiunea exercitată de factorii climaterici asupra îmbrăcămintei asfaltice o durată de exploatare de 10 ani /9/.

Cercetările efectuate în cadrul Institutului de Cercetări și Proiectări Tehnologice în Transporturi au evidențiat efectul dăunător al supraîncălzirii agregatelor minerale asupra bitumului românesc și că o încălzire la 150-170°C în rezervoare chiar în condiții neprotejate (încălzire cu picurător) timp de 3 zile nu afectează calitatea lui. /131/.

### 1.3.3. Intărirea produsă de acțiunile mecanice ale traficului

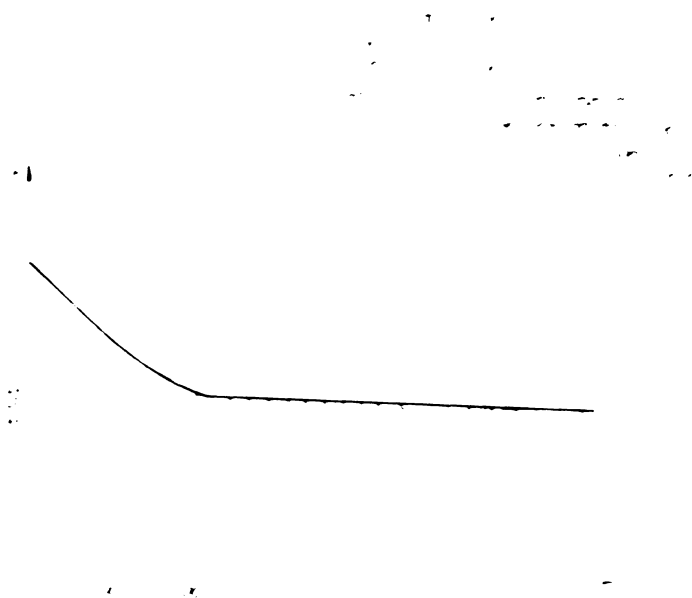
Solicitările mecanice contribuie la îmbătrînirea bitumului prin crearea unor condiții prielnice pierderii caracterului visco-elastic, manifestate prin fenomene de oboseală.

Producînd în permanență o mișcare în masa liantului bituminos, efectele mecanice contribuie, ca urmare unei omogenizări continue, la grăbirea proceselor de modificare structurală și a compoziției. Pînă la un punct procesul ameliorează comportarea mecanică, ulterior însă, reducîndu-se cîmpul de plasticitate, biturile devin foarte vîscoase și pierd capacitatea de a prelua eforturile produse de solicitările mecanice. O grosime redusă a peliculei de bitum accelerează procesul deteriorării.

Solicitările mecanice pot fi produse ca urmare solicitărilor traficului și a ecartului mare de temperatură în care trebuie să lucreze un bitum în diferitele straturi ale sistemului rutier, ca urmare a variațiilor temperaturii atmosferice în medie de la -20°C la +60°C /9/ /1/.

Fisurarea prin oboseală apare atunci cînd este depășită o anumită limită a mărimii deflexiunii sau a intensității sarcinii în funcție de calitatea bitumului; sub această valoare ruperea materialului nu are loc chiar dacă numărul de solicitări este foarte mare;

Efortul de rupere prin oboseală, în funcție de numărul de alternări, se poate deduce din curba lui Wöhler prezentată în



**Fig. IV.1.3. CURBA LUI WÖHLER  
CURBA DE OBOSEALA A ÎMBRĂCĂMIŢILOR  
BITUMINOASE SUB SARCINI REPETATE**

fig. IV.1.3.

Cercetările de laborator efectuate prin încercări de obosală sub sarcini repetate la temperaturi scăzute constituie o metodologie de investigație frecvent adoptată în studiul îmbătrînirii mixturilor asfaltice respectiv asupra bitumului conținut de mixturi /9/ /66/ /67/ /68/.

#### 1.4. Metode de determinare a susceptibilității la îmbătrînire a biturilor

Complexitatea influențelor ce conlucrează în desfășurarea procesului de îmbătrînire limitează posibilitățile de investigare de laborator la aspecte unitare în care bitumul este supus acțiunii controlate a unui factor sau a unui grup de factori.

Metodele pentru acest motiv atestă un caracter convențional și nu au o fundamentare științifică.

Față de importanța fenomenului de îmbătrînire ele prezintă numai o calitate statistică, dată fiind perioada îndelungată de aplicare. În același timp fiind operative în studiile comparative de cercetare a biturilor, ele permit obținerea unor concluzii informative utile asupra calității.

Urmărirea fenomenului în continuare prin transformările suferite de bitum, legat de procesul de fabricare al mixturilor asfaltice, lărgeste câmpul de investigație și apropie cercetarea de condițiile naturale /4/ /69/.

Metodologiile aplicate sînt numeroase și în general grupate după aspectul urmărit în cercetare, ca de exemplu:

- metode curente care sînt în general oficializate și care urmăresc îmbătrînirea prin efectul căldurii. Rezultatele sînt exprimate prin creșterea consistenței. Printre cele mai uzuale este determinarea stabilității la încălzire 5 ore la 163°C în diferite variante, în funcție de grosimea stratului de bitum supus încălzirii și de condițiile de lucru (AFNOR 66-011/1961; ASTM 1754; DIN 1995/60). În R.S.R. metoda este prevăzută în STAS 8099/74;

- metode de caracterizare a stadiului de îmbătrînire prin determinarea stării de peptizare. Mai importantă este "Olien-sis Spot Test" /132/ întrucît dă informații asupra echilibrului coloidal al biturilor și evidențiază prezența în bitum a produselor de cracare;

- metode combinate care urmăresc îmbătrânirea bitumului prin efectul cumulat al mai multor factori. Ele reprezintă metode de îmbătrânire accelerată și sînt adesea denumite metode de îmbătrînire artificială. Urmăresc să evalueze îmbătrînirea pe care o suferă un bitum sub efectul agenților climaterici, în mod convențional, prin mijloace de laborator /70/ /71/ /72/.

Pentru realizarea condițiilor de testare au fost construite camere climatice dotate cu surse de radiație, circuit de apă, agregat frigorific și instalație electrică pentru încălzit.

Tabelul IV.1.2. prezintă caracteristicile celor mai uzuale camere climatice:

Caracteristicile tehnice ale celor mai uzuale camere climatice de îmbătrînire

Tabelul IV.1.2.

Condiții de încercare	Temperatură °C	Umiditate %	Radiații UV nm	Posibilitate de programare
Weather-Ometer	-40...+100	10...98	290 - 400	DA
Cameră Weiss	-15...+ 18	10...98	nu sînt indicate	DA
Fade-Ometer	nereglabil	nereglabil	290 - 400	NU
Feutron	-20...+ 60	0..100	UV și IR	DA

Efectul de îmbătrînire se urmărește în timp după expuneri succesive pe cicluri complete. Mai recent se urmărește ca parametrul timp să se înlocuiască cu parametrul energie radiantă, dar adoptarea acestuia necesită o cunoaștere a valorilor tuturor elementelor ce sînt implicate în procesul îmbătrînirii, ceea ce nu este totdeauna posibil.

Deși îmbătrînirea prin metode accelerate de laborator este utilizată în lumea întreagă, eficiența ei este încă controversată deoarece:

- se consideră că nu reprezintă o încercare accelerată, întrucît nu reproduce în mod accelerat condiții de îmbătrînire similare celor din exploatare ci numai condiții alese arbitrar. Chiar dacă s-ar realiza un regim climateric asemănător celui natural, totuși prin viteza cu care se desfășoară procesul de îmbătrî-



nire accelerată față de cel natural, mecanismul degradării nu este același. În natură, timpul fiind îndelungat, implică și perioade în care radiațiile, umiditatea sau traficul atestă valori mai reduse; fenomenele de relaxare care apar încetinesc procesul de îmbătrânire;

- . reproducerea gradului de îmbătrânire nu este totdeauna același pentru toate probele supuse încercării, întrucât nu se asigură același regim de expunere pentru tot spațiul camerei climatice;

- . spectrul de expunere, chiar în condițiile unei lămpi cu câmp complex de radiații, diferă de cel solar;

- . voltajul, uniformitatea radiațiilor, temperatura, grosimea filmului, în cazul în care nu sînt menținute constante, modifică rezultatele; ne mai fiind reproductibile, nu mai pot fi nici comparabile;

- . suportul pe care se etalează probele de bitum nu este real. Modul de comportare al unei pelicule de bitum etalată pe o placă metalică sau de sticlă este diferit de cel al unei pelicule etalată pe o granulă minerală. Ca urmare, procesul de îmbătrânire poate fi altul;

- . grosimea filmului nu corespunde realității și îmbătrânirea la suprafață este diferită și totdeauna mai pronunțată față de aceea care se produce în adîncime;

- . condițiile de încercare sînt întotdeauna adesea pe cînd în natură sînt întîmplătoare; fiecare bitum constituind un caz particular, se impune ca regimul de expunere să corespundă regimului natural de expunere;

- îmbătrînirea naturală care urmărește determinarea susceptibilității la îmbătrînire a biturilor în condiții de exploatare, este cea mai reprezentativă dînd o justă valoare a capacității de rezistență. Ea prezintă dezavantajul unei durate îndelungate de observație. Sub acest aspect metoda este neoperativă și aplicarea ei apare oportună numai în lucrările de cercetare complexă în care se urmărește fie caracterizarea biturilor provenite din surse noi, sau a celor cu adaosuri, fie stabilirea de corelații în raport cu îmbătrînirea accelerată de laborator /58/ /63/ /64/.

In ambele metode, îmbătrînirea accelerată sau naturală, gradul de transformare al bitumului se controlează comparativ.



## 2. METODOLOGIA ADOPTATA PENTRU CERCETAREA BITURILOR FABRICATE DE RAFINARIILE VEGA, NR.1 PLOIESTI, CRI- SANA SI TELEAJMI DIN PUNCT DE VEDERE AL SUSCEPTI- BILITATII LA IMBATRINIRE

### 2.1. Schema de cercetare

Importanța deosebită prezentată pentru tehnica rutieră de modul de comportare la îmbătrânire al biturilor a impus tratarea problemei printr-o schemă de investigare complexă.

Fiecare bitum a fost testat concomitent ca produs și ca liant în mixtură asfaltică, după metodologia prezentată în fig. IV.2.1.

### 2.2. Determinarea susceptibilității la îmbătrânire a biturilor pe cale artificială

Determinarea susceptibilității la îmbătrânire a biturilor prin metodele obișnuit aplicate în controlul curent al calității, care au fost prezentate la pct. IV.1.4., reprezentând un mijloc convențional insuficient pentru caracterizarea și evaluarea complexității fenomenelor ce se produc în timp în masa bitumului, începând de la fabricare până la prelucrare și exploatare, cercetările s-au continuat prin aplicarea metodelor combinate.

În laborator accelerarea procesului de degradare am efectuat-o pe baza metodologiei de îmbătrânire artificială în camere climatice fiind mai complexă și apropiind mai mult încercarea de laborator de condițiile naturale ale influenței distructive ale agenților climaterici.

Metoda pe care am elaborat-o în cadrul tezei am stabilit-o în baza documentației de specialitate prezentată în tabelul IV.2.1. (anexa IV) și ținând seama și de posibilitățile de încercare oferite de camera climatică Feutron. În condiții curente de funcționare această cameră fiind dotată cu surse de radiații UV și IR și asigurând un regim termic de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$ , permite realizarea de cicluri de îmbătrânire complexe. Față de aceste posibilități, ciclul pe care l-am stabilit a fost constituit din:

- încălzire la  $+60^{\circ}\text{C}$  cu expunere la radiații UV timp de 2 ore și la radiații IR timp de 4 ore;
- răcire la  $-20^{\circ}\text{C}$  timp de 2 ore;
- imersare în apă timp de 16 ore la temperatura camerei.

Metodologia are un caracter convențional, dar dă posibilitatea de a se evidenția comparativ comportarea biturilor.

Pentru ca modificările survenite să poate fi evidențiate în evoluția lor, iar rezultatele să permită o precizare evolutivă a susceptibilității la îmbătrânire a biturilor, procesul l-am împărțit în trei etape constituite din câte 24, 36 și 48 cicluri.

### 2.3. Îmbătrânirea naturală

Urmărind adă o interpretare mai reală capacității biturilor de a rezista la îmbătrânire sub aspectul practic al folosinței, am cercetat și evoluția bitumului din mixtură asfaltică. În acest sens, considerând etapele de fabricație-exploatare pînă la un an mai semnificative pentru studiul comparativ al biturilor, obiectivele de cercetare în cadrul tezei le-am stabilit astfel:

- testarea biturilor după prelucrarea în stația de malaxare a mixturilor asfaltice, pentru a determina susceptibilitatea la îmbătrânire sub efectul căldurii;

- testarea mixturilor din îmbrăcămintea bituminoasă, respectiv a bitumului pus în operă după o lună și un an de exploatare pentru a determina susceptibilitatea la îmbătrânire sub efectul cumulat al climei și traficului.

Intrucît cercetarea experimentală nu s-a putut extinde pe o perioadă de exploatare mai îndelungată de un an și față de importanța problemei îmbătrînirii biturilor, pe lîngă lucrările prezentate am considerat utilă și caracterizarea bitumului din alte sectoare de drum cu o vechime mai mare sub circulație, cu o comportare bună și degradate. Prin această analiză am urmărit obținerea de date care să-mi lărgescă posibilitățile de interpretare a efectelor îmbătrînirii și comparativ să-mi furnizeze informații suplimentare în aprecierile asupra gradului de îmbătrânire, pentru stadii periculoase.

### 2.4. Estimarea gradului de îmbătrânire a biturilor

Analiza biturilor supuse procesului de îmbătrânire accelerată sau naturală pentru stabilirea gradului de transformare, am efectuat-o similar biturilor inițiale prin analize curente, analize de compoziție, analize spectrale, analiză electrooptică și determinări de comportare reologică. Din datele obținute

**Fig. 14.2. SPECTRUL DE ABSORȚIE IN IR AL BITURMURLOR DE LA RAFINARIA  
URSA MARINTE SI SUPA HABATONNRE**

BITUM INITIAL

BITUM EXTRAS DIN MIXTURA  
DE LA FABRICAȚIE

BITUM EXTRAS DIN CAROTA  
DE LA UN AN

BITUM HABATONNRE ACCELERA  
40 CICLURI

**Fig. 14.3. SPECTRUL DE ABSORȚIE IN IR AL BITURMURLOR DE LA RAFINARIA  
URSA MARINTE SI SUPA HABATONNRE**

BITUM INITIAL

BITUM EXTRAS DIN MIXTURA  
DE LA FABRICAȚIE

BITUM EXTRAS DIN CAROTA  
DE LA UN AN

BITUM HABATONNRE ACCELERA  
40 CICLURI

am stabilit indici de caracterizare pentru evaluarea comparativă a gradului de modificare al biturilor.

### 3. REZULTATELE CERCETĂRILOR PRIVIND SUSCEPTIBILITATEA LA ÎMBĂTRÂNIRE

#### 3.1. Îmbătrânirea accelerată în laborator

Susceptibilitatea la îmbătrânire în condiții artificiale de laborator am determinat-o pe probele medii de bitum reprezentative pentru rafinării, preparate în laborator.

Bitumul etalat în pelicule cu grosimea de 1 mm pe plăci de aluminiu a fost supus acțiunii repetate de simulare a efectelor naturale principale produse de căldură, frig și radiații UV și IR în camera climatică Feutron, conform metodologiei prezentate la pct. IV.2.2.

Aspectul peliculelor îmbătrânite prezentate în fig. IV.3.10. - IV.3.13. arată că prin expunere, pe parcursul a 48 cicluri, bitumul își pierde luciul și prezintă aglomerări în jurul unor puncte complet opacizate.

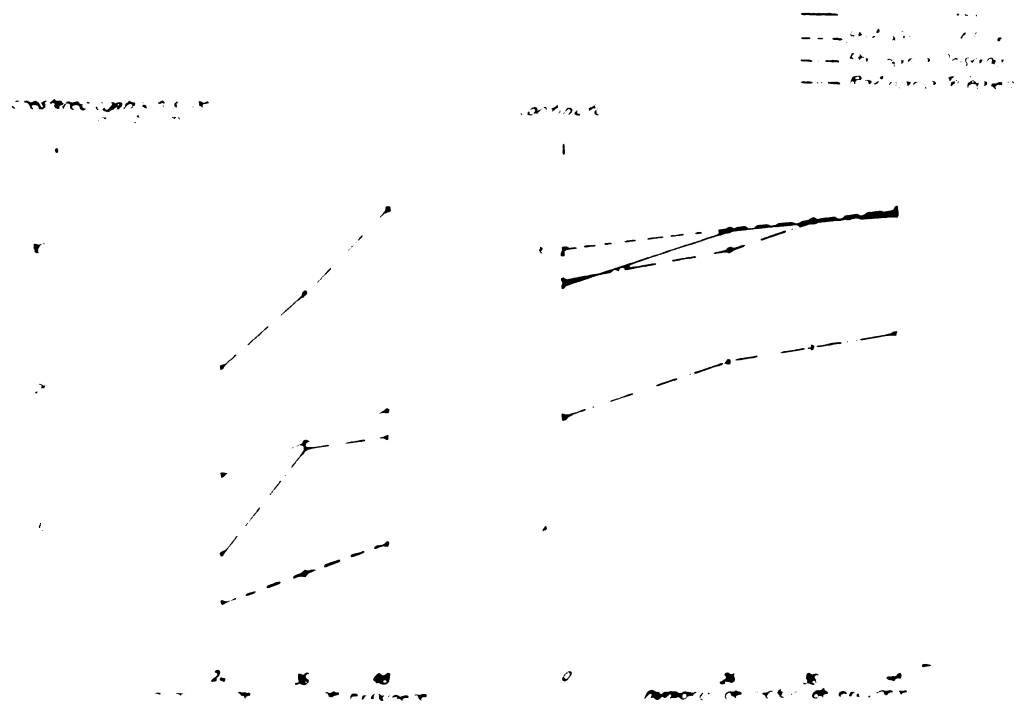
Modificările survenite în masa biturilor ca urmare îmbătrânirii, le-am determinat pe baza schimbărilor de compoziție după fiecare din cele 3 etape investigate, corespunzător la 24, 36 și 48 cicluri de expunere și în spectrul de absorbție în IR după 48 cicluri. În ceea ce privește comportarea, schimbările le-am stabilit pe baza modificărilor suferite de punctul de rupere Fraass, considerându-l ca mai reprezentativ pentru a evidenția tendința de rigidizare a unui bitum la temperaturi scăzute.

Din rezultatele obținute înscrise în tabelul IV.3.1. (anexa IV, pag.3) și fig. IV.3.29. - IV.3.32. am desprins că indiferent de rafinarea producătoare, bitumul îmbătrânește sub acțiunea radiațiilor UV și IR, a variațiilor largi de temperatură și prin contactul prelungit cu apa și că modificările se amplifică pe măsura creșterii duratei de expunere, prin faptul că:

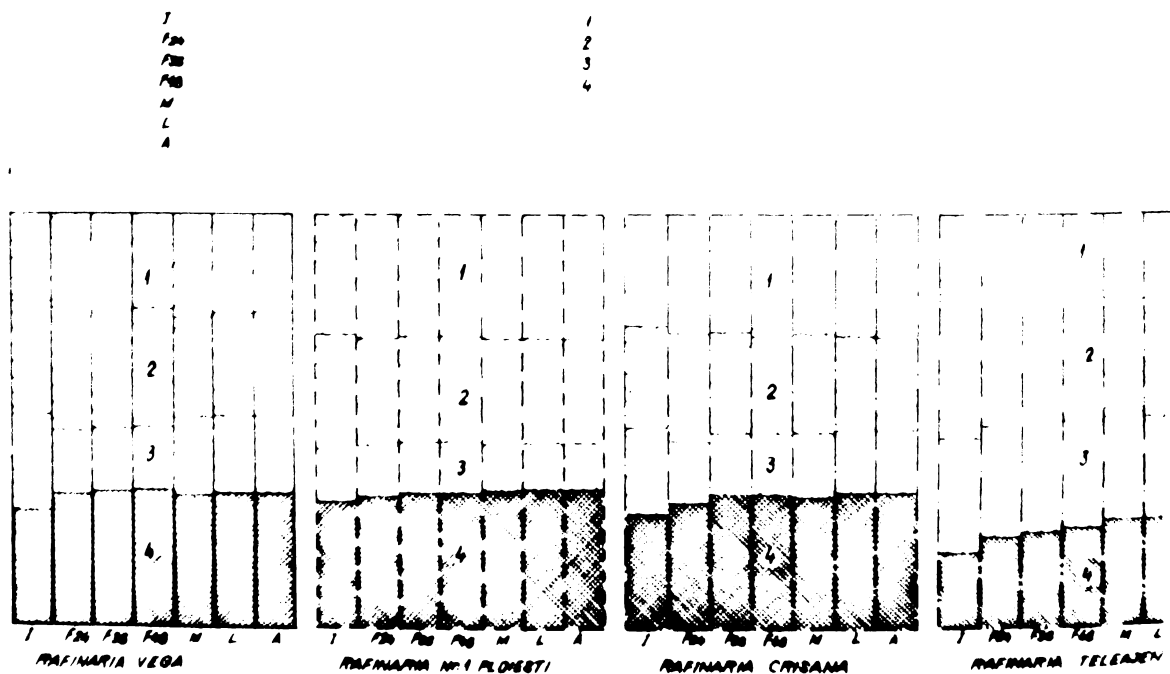
- toți componenții biturilor suferă modificări treptate și gradul lor de modificare este variabil de la un bitum la altul;

. din analiza compoziției pe grupe de componenți am evidențiat caracteristicile de transformare a componenților mai

**Fig. IV.3.1. CREȘTEREA CONȚINUTULUI ÎN ASFALTENE ÎN PROCESUL DE ÎMBĂTRÂNIRE ACCELERATĂ**



**Fig. IV.3.2. COMPOZIȚIA BITUMINILOR ÎNAINTE ȘI DUPĂ ÎMBĂTRÂNIRE**



Aspectul peliculei de blana în condiții de  
camera climatică Neutron (40 cicluri)

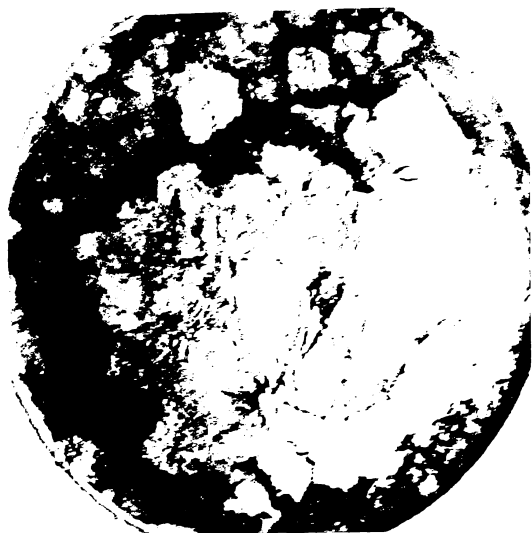


Fig. IV.3.10 - Rafinăria  
Vega

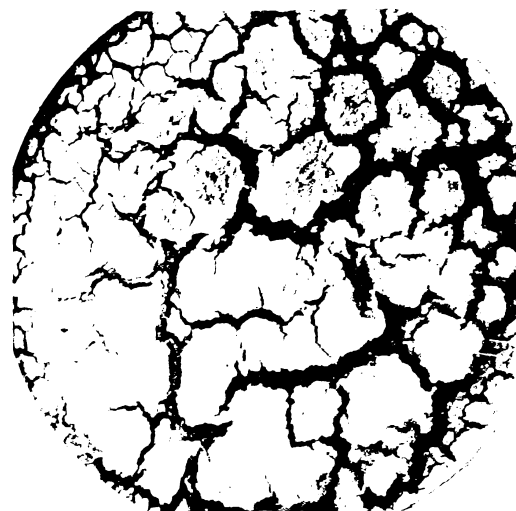


Fig. IV.3.11 - Rafinăria  
nr.1 Ploiești

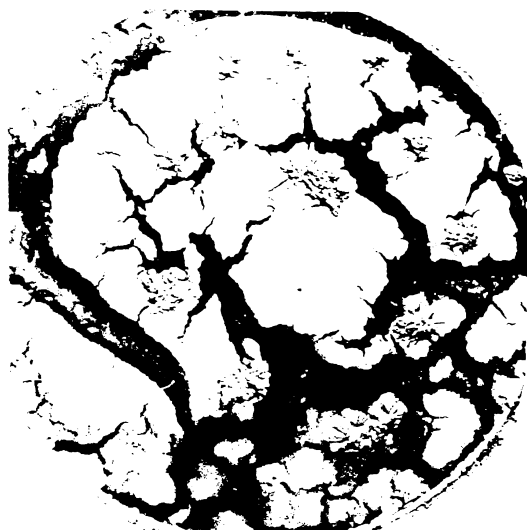


Fig. IV.3.12 - Rafinăria  
Crișana

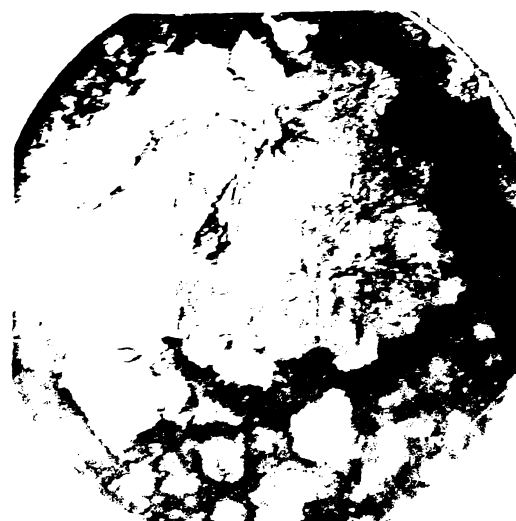


Fig. IV.3.13 - Rafinăria  
Tulcea



**Fig. A.3.1. SPECTRUL DE ABSORBȚIE IN IR AL BITURURILOR DE LA RAFINARIA  
CRIBANA ÎNAINTE SI DUPA ÎMBĂTRÂNIRE**

BITUM INITIAL

BITUM EXTRAS DIN AMESTURA  
DE LA FABRICATE

BITUM EXTRAS DIN CAROTA DE  
LA UN AN

BITUM ÎMBĂTRÂNIT ACCELERAT  
48 CECIURI

**Fig. A.3.2. SPECTRUL DE ABSORBȚIE IN IR AL BITURURILOR DE LA RAFINARIA  
TELEAJEN ÎNAINTE SI DUPA ÎMBĂTRÂNIRE**

BITUM INITIAL

BITUM EXTRAS DIN AMESTURA DE LA  
FABRICATE

BITUM EXTRAS DIN CAROTA DE  
LA UN AN

BITUM ÎMBĂTRÂNIT ACCELERAT  
48 CECIURI

reactivi prin:

.. creșteri ale conținutului în asfaltene care, cum se arată prin datele prezentate în fig. IV.3.1. și IV.3.2., sînt mai reduse în cazul bitumului de la rafinăria nr. 1 Ploiești, mai mari și apropiate ca valoare în cazul biturilor de la rafinăriile Orișana și Vega și mai mari decît ale acestora, în cazul bitumului de la rafinăria Teleajen;

.. creșteri, dar mai puțin edificatoare, între bitumuri, ale conținutului în hidrocarburi saturate;

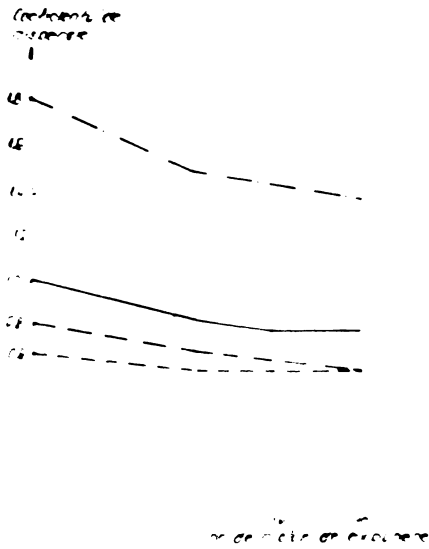
.. modificări mai importante în conținutul de rășini al biturilor de la rafinăriile Vega și Orișana și mai reduse în conținutul de hidrocarburi aromatice, în timp ce în cazul bitumului de la rafinăriile nr. 1 Ploiești și Teleajen transformările se produc atît în conținutul de rășini oît și în cel de hidrocarburi aromatice, mai reduse în primul caz și mai importante în cel de al doilea.

Aceste constatări mi-au permis să apreciez că din punct de vedere al naturii și conținutului în componenți mai reactivi chimic, fiecare bitum atestă caracteristici specifice. Pentru completarea datelor am urmărit efectul produs de acești componenți prin modificarea acidității și a conținutului de grupări carbonil. Din rezultatele obținute am dedus că:

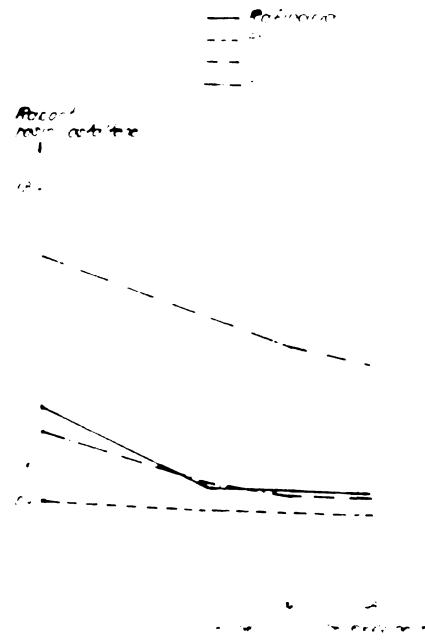
... aciditatea, așa cum prezint prin datele înscrise în tabelul IV.3.2. (anexa IV, pag. 5) atestă o creștere și în special în ceea ce privește componenta carboxilică. În acest fel am dovedit că transformările merg, într-o măsură mai importantă, pînă la o fază mai înaintată de transformare, faza de acid și că dintre bitumuri cel fabricat de rafinăria Teleajen înregistrează o comportare mai diferențiată de a celorlalte, întruoîtdeși atestă conținutul cel mai redus din acești componenți, are creșterea cea mai mare;

... determinarea grupărilor carbonil prin analiza spectrului de absorbție în IR a biturilor îmbătrînite după 48 cicluri de expunere mi-a permis să evidențiez și sub acest aspect, așa cum rezultă din datele înscrise în tabelul IV.3.3. și fig. IV.3.29. - IV.3.32., modificările produse, dat fiind creșterea absorbției și să trag concluzia din valorile obținute, că bitumurile de la rafinăria Teleajen sînt mai susceptibile la îmbătrînire decît cele neparafinoase și că dintre acestea cel mai rezistent

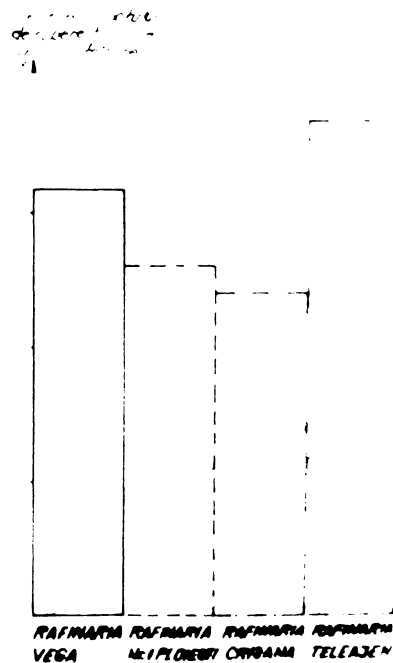
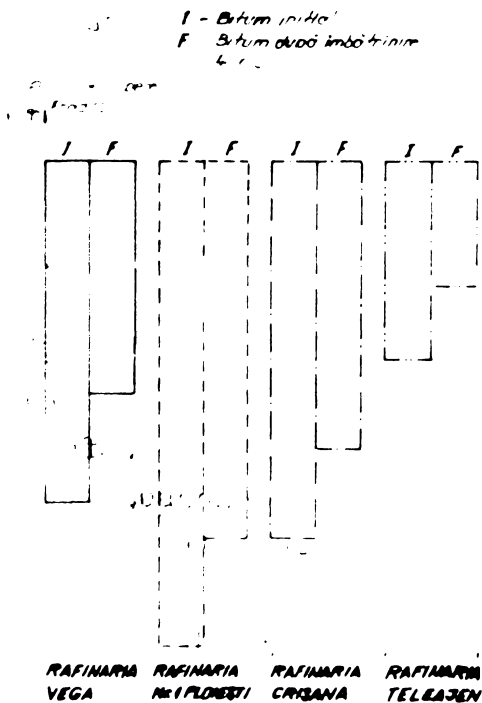
**Fig. IV.3.4. MODIFICAREA COEFICIENTULUI DE DISPERSIE AL BITURURILOR DUPA IMBATRINIRE ACCELERATA**



**Fig. IV.3.8. MODIFICAREA RAPORTULUI RASNI/ASFALTENE AL BITURURILOR DUPA IMBATRINIRE ACCELERATA**



**Fig. IV.3.5. MODIFICAREA PUNCTULUI DE RUPERE FRAASS AL BITURURILOR DUPA IMBATRINIRE ACCELERATA**



este bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești, celelalte de la rafinăriile Vega și Crișana caracterizându-se prin susceptibilități intermediare între bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești și cel de la Teleajen.

Absorbanta determinată pe bitumul ca atare și îmbătrânit în camera climatică Feutron

Tabelul IV.3.3.

Absorbanta determinată pentru :	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
- bitumul inițial	1,136	1,728	1,336	0,844
- bitum îmbătrânit, după 48 cicluri	1,860	1,825	1,860	1,610

- se produce o modificare în starea de structură ca urmare transformărilor de compoziție. Indicii de caracterizare, raport rășini/asfaltene și coeficient de dispersie, prezentați în tabelul IV.3.2. (anexa IV, pag. 5) și fig. IV.3.3. - IV.3.4. marchează printr-o descreștere treptată a valorilor, trecerea către structuri mai complexe caracteristice stărilor mai gel; procentual exprimate, transformările indică prin valoarea mai redusă atestată, că bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești își menține o structură mai apropiată de a bitumului inițial în timp ce a celorlalte, mai ridicată, relevă că modificările rețelei coloidale au fost mai importante;

- prin durificarea suferită ca urmare îmbătrânirii, susceptibilitatea la fisurare a fiecărui bitum crește, mai mult sau mai puțin în funcție de proveniența bitumului, respectiv de modificarea compoziției. Rezultatele privind comportarea la temperaturi scăzute, prin valorile punctului de rupere Fraass reprezentate grafic și în fig. IV.3.5., mi-au permis să apreciez că transformările bitumului de la rafinăria Teleajen sînt mai periculoase, întrucît pe lîngă faptul că sînt mai importante decît ale celorlalte bitumuri, valoarea efectivă este mai ridicată. Pentru bitumurile fabricate de rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești și Crișana deși creșterea punctului de rupere Fraass înregistrează procente relativ ridicate,

portarea rămîne în continuare avantajoasă, deoarece valoarea activă a punctului de rupere se menține mai scăzută (sub  $-13^{\circ}\text{C}$ ... sub  $-20^{\circ}\text{C}$ ).

Ca urmare constatărilor făcute pe parcursul cercetărilor de laborator am tras concluzia că din punct de vedere al susceptibilității la îmbătrânire, bitumurile se comportă diferit; toate îmbătrânesc indiferent de proveniența lor, dar comportarea rămîne determinată de compoziție. Astfel:

- bitumurile neparafinoase fabricate printr-o oxidare lungă durată, cu efect stabilizator asupra compoziției, din punct de vedere al componenților cu reactivitate chimică mărită, sînt mai rezistente la transformări ulterioare; ca atare ele sînt puțin susceptibile la îmbătrînire și deci mai avantajoase din punct de vedere rutier;

- bitumul fabricat de rafinăria Teleajen mai bogat în hidrocarburi aromatice și rășini, compuși mai susceptibili la transformare și care au rămas în bitum din materia primă ca urmare a ratelor reduse de oxidare, atestă o sensibilitate mai mare la îmbătrînire;

- acțiunea de îmbătrînire a condițiilor de expunere esențială continuă și devine cu atît mai importantă cu cît durata este mai îndelungată;

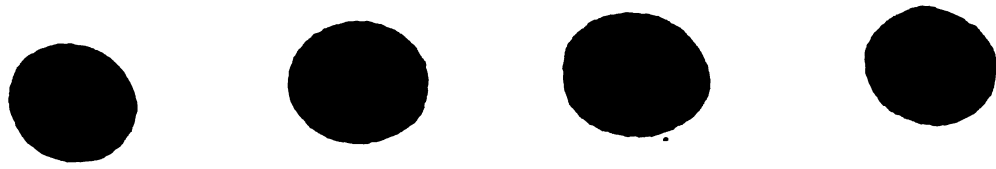
- în ceea ce privește influența materiei prime aceasta pare evidentă în special:

. în cazul bitumului fabricat de rafinăria nr. 1 din Ploiești care prelucrează un țigui selecționat. Bitumul atestînd un conținut mai ridicat în hidrocarburi saturate - compuși caracterizați prin stabilitatea chimică cea mai ridicată, - este și cel mai rezistent la îmbătrînire, dat fiind că după expunere compoziția sa nu a suferit modificările cele mai reduse;

. în cazul bitumului de la rafinăria Teleajen unde materia primă atestînd un conținut mai ridicat în hidrocarburi aromatice și rășini mai reactive care rămîn în cantitate mai mare în bitum după prelucrare, se caracterizează și printr-o sensibilitate mai mare la transformări ulterioare;

- modificările produse prin expunerea la îmbătrînire accelerată după metoda adoptată, stabilite pe baza determinărilor

**Fig. IV.3.28** Amplasamentele caracteristice biturilor  
analizate dupa imbătrînire accelerată  
40 cicluri) la temperatura (1 an)  
dupa procesul de îmbătrînire



Rafinaria nr.1 Ploiești      Rafinaria Crișana      Rafinaria Teleajen

dupa imbătrînire accelerată (40 cicluri)



Rafinaria Vega      Rafinaria nr.1 Ploiești      Rafinaria Crișana      Rafinaria Teleajen

dupa imbătrînire naturală (1 an)



Rafinaria nr.1 Ploiești      Rafinaria Crișana      Rafinaria Teleajen

Aspectul structurii bitumului îmbătrinit accelerat  
în camera climatică Feutron (48 cicluri) determinat  
prin microscopie electronică



Fig. IV.3.6. - Rafinăria  
Vega



Fig. IV.3.7. - Rafinăria  
nr.1 Ploiești

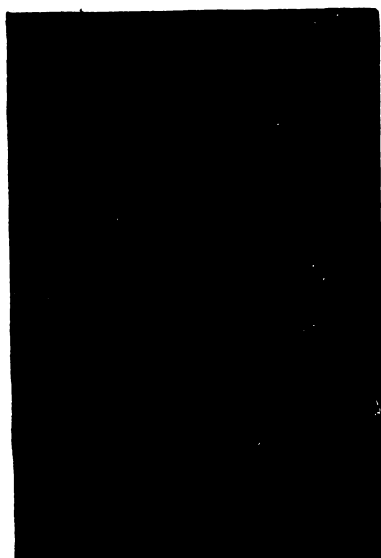


Fig. IV.3.8. - Rafinăria  
Crișana



Fig. IV.3.9. - Rafinăria  
Teleajen

semnalate consider că pot fi edificatoare pentru caracterizarea biturilor, relevând diferențieri justificate între bitumuri;

- gradul de îmbătrânire produs după perioada maximă de expunere - 48 cicluri - nu este periculos și nu produce degradarea biturilor. Această constatare o susțin și prin faptul că;

. pentru nici unul dintre bitumuri pata Oliensis nu relevă distrugerea echilibrului coloidal cu separarea a două faze. Imaginea lăsată pe hîrtie așa cum rezultă din fig. IV.3.28. este omogenă în toate cazurile;

. analiza electronoptică arată că toate bitumurile mențin o imagine asemănătoare biturilor inițiale, întrucît aglomerările de micle rămîn distribuite în masa bitumului. Ca urmare modificărilor structurale se produc însă asocieri de micle și aglomerările capătă dimensiuni mai mari așa cum rezultă din fig. IV.3.6 - IV.3.9.

### 3.2. Îmbătrînirea naturală

Susceptibilitatea la îmbătrînire naturală a biturilor de drumuri cercetate față de condițiile de folosință curente, am determinat-o pe baza caracterizării comparative a biturilor îmbătrînite cu cele inițiale și stabilirea modificărilor suferite, luînd în considerare ca procese mai importante din punct de vedere al efectelor produse, fabricația mixturilor asfaltice și exploatarea îmbrăcămintei bituminoase timp de o lună și un an.

Pentru determinarea modificărilor, "bitumurile din mixturi le-am extras cu benzen și izolat de fracțiunea fină a agregatului mineral prin centrifugare.

Probele de referință pentru evaluarea gradului de transformare au fost constituite din probele de bitum prolevate de la șantier pe parcursul fabricării mixturilor asfaltice, din topitor. Menționez că bitumul din topitor a reprezentat amestecul probelor individuale luate de la rafinării.

Caracteristicile amestecurilor de bitum obținute în urma analizei arată, așa cum reiese din datele înscrise în tabelul IV.3.4. (anexa IV, pag. 7) că fiecare dintre ele atestă caracteristici similare biturilor cercetate în laborator, respectiv probelor medii preparate în laborator reprezentative pentru rafinării, cu care au fost comparate.



Cercetarea biturilor extrase din mixturi cuprinde determinări efectuate asupra caracteristicilor curente cele mai reprezentative, asupra compoziției, structurii și a comportării reologice.

Față de numărul ridicat de analize efectuate rezultatele le-am înscris pe rafinării, în tabele separate, care sînt prezentate în anexa IV, pag. 8-15 respectiv tabelele IV.3.5., IV.3.8. Tabelele cuprind rezultatele cercetării biturilor extrase din mixtura de la fabricație și ale biturilor extrase din carotele prelevate din sectoarele experimentale după o lună și un an de circulație, iar pentru comparație rezultatele corespunzătoare biturilor prelevate de la topitor.

Examinarea în paralel a rezultatelor pe etape de îmbătrînire și în funcție de rafinările prelucrătoare mi-a dat posibilitatea să desprind că:

- modificările cele mai importante au loc, indiferent de natura și proveniența biturilor, în procesul de fabricație al mixturilor asfaltice, unde căldura intervenind asupra vitezelor de reacție, facilitează transformarea componentilor ușori mai reactivi în bitum în componenți mai grei;

- transformările ulterioare suferite de bitum sub influența factorilor cu acțiune obișnuită pentru exploatarea drumurilor - trafic și agenți climaterici - se produc într-o măsură mult mai redusă comparativ celeilalte;

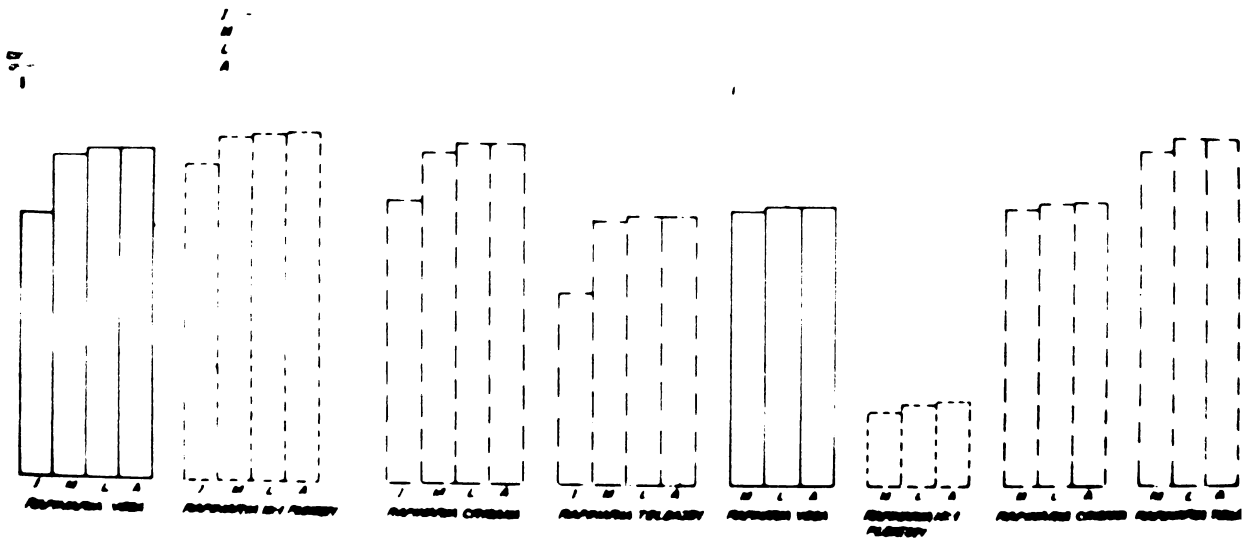
- modificările produse prin îmbătrînire, indiferent de faza investigată, sînt determinate de modificarea compoziției, iar amploarea lor depinde în afară de intensitatea solicitărilor, de natura și proveniența biturilor.

### 3.2.1. Caracterizarea biturilor îmbătrînite din punct de vedere al compoziției

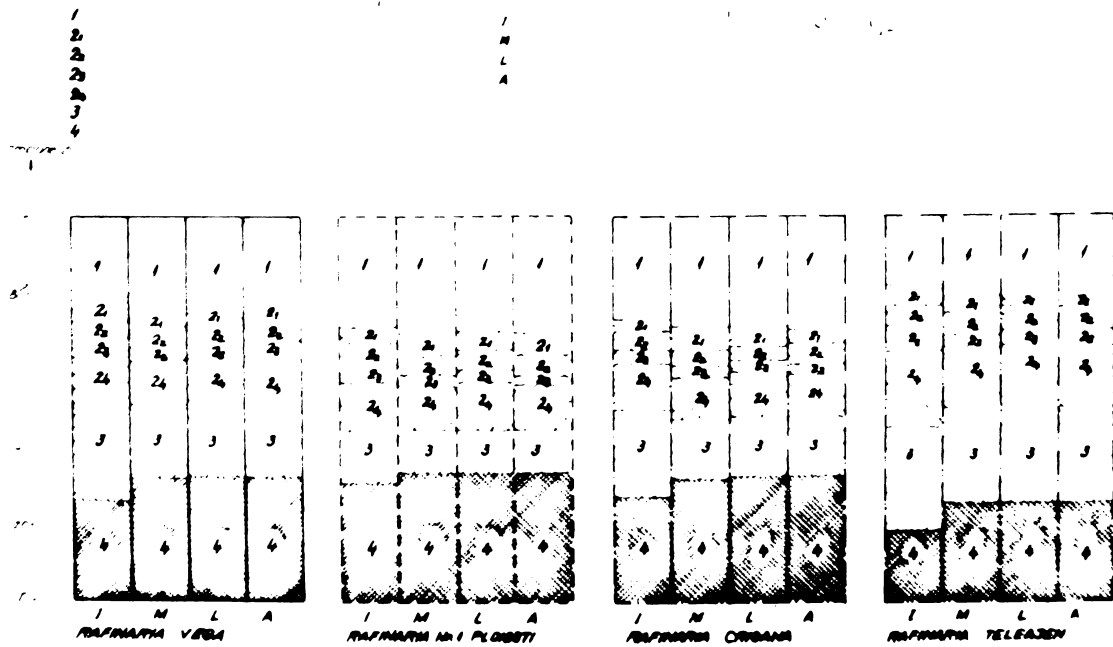
Prin investigațiile efectuate asupra compoziției am urmărit să evidențiez transformările pe care le-au suferit biturile în diferitele etape de îmbătrînire abordate și să pun în evidență care dintre grupările conținute de fiecare bitum sînt mai susceptibile la transformare și în ce măsură factorii care determină îmbătrînirea le afectează.

În acest sens lucrările au constatat din analize comparative asupra compoziției, efectuate pentru determinarea modificărilor

**Fig. 2.1.10. CREȘTEREA CONȚINUTULUI DE ASFALTENI ÎN PROCESUL DE ÎMBĂTRÂNIRE NATURALĂ**



**Fig. 2.1.11. COMPACTIA BITUMENILOR ÎNAINTE ȘI DUPĂ ÎMBĂTRÂNIRE NATURALĂ**



or suferite de grupele de componenți asemănători și grupările funcționale cât și asupra componenței, efectuată prin analiza spectrală în IR și asupra structurii asfaltanelor prin analiza röntgenostructurală.

Examinarea materialului obținut din cercetare m-a condus la următoarele rezultate:

- toate grupările de componenți care alcătuiesc bitumul suferă transformări pe parcursul îmbătrânirii modificând raportul inițial dintre ele:

. asfaltenele și hidrocarburile saturate înregistrează creșteri în timp ce hidrocarburile aromatice și rășinile scad după cum am evidențiat înscriind grafic rezultatele în fig. IV.3.15;

. comparând transformările diferiților componenți între ei de la un bitum la altul și ținând seama de factorii de acțiune implicați în îmbătrânire, am constatat că:

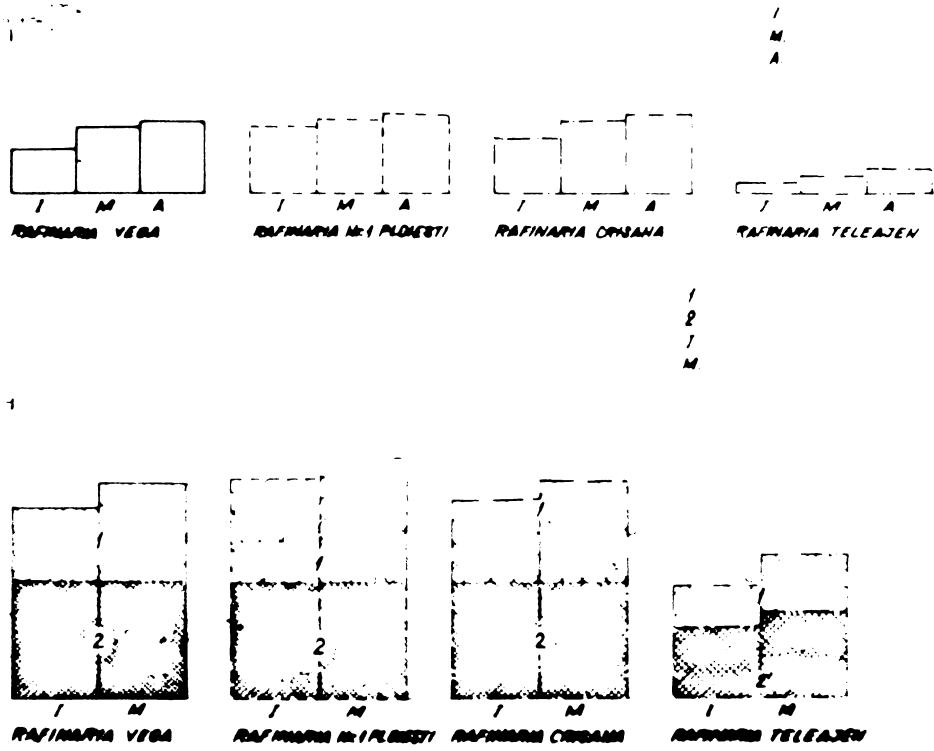
.. efectul căldurii este mai important decât efectul cumulat al agenților climaterici și de trafic producând în toate cazurile, respectiv pentru toți componenții, indiferent de bitum, modificările cele mai mari;

.. dintre grupările de componenți similari, datorită efectului căldurii, hidrocarburile aromatice policiclice sînt afectate într-o măsură mai mare în cazul biturilor parafinoase decât rășinile, în timp ce în cazul biturilor neparafinoase modificările apar mai importante la rășini;

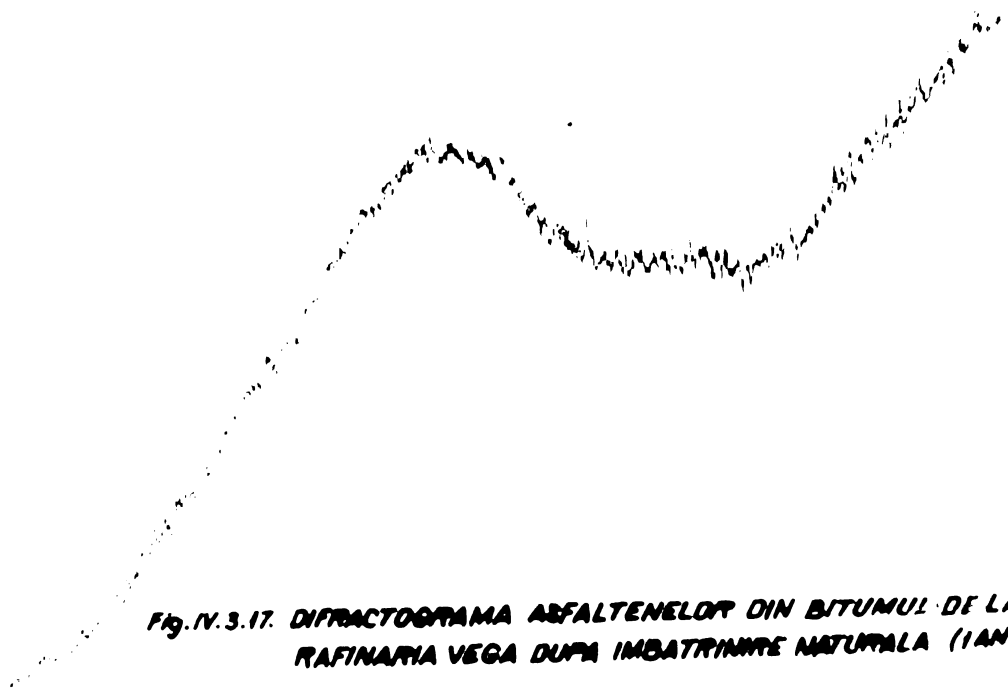
. durificarea exprimată în funcție de conținutul în asfaltene este evidențiată pentru toate biturile în fig. IV.3.14. și mai semnificativă după procesul de fabricație. Fiind un criteriu de evaluare al transformărilor componenților și ca atare al susceptibilității la îmbătrânire, am apreciat ca și în cazul îmbătrînirii accelerate de laborator, dat fiind creșterea mai mică a conținutului atestat, că bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești este mai rezistent la îmbătrânire comparativ celorlalte bituri neparafinoase și că acestea prezentînd creșteri mai mici decât bitumul parafinos sînt mai rezistente decât el;

. difractogramele obținute la analiza cu raze X a asfaltanelor extrase din biturile corespunzătoare carotelor după un an și prezentate în fig. IV.3.17. - IV.3.20., prin caracterul

**Fig. IV.3.16. ACBITATEA BITURURILOR INAINTE SI DUPA IMBATRINIRE NATURALA**



**Fig. IV.3.17. DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITUMUL DE LA RAFINARIA VEGA DUPA IMBATRINIRE NATURALA (1AN)**



similar asfaltencilor bitumurilor inițiale mi-a permis să apreciez că modificările suferite de bitumuri pînă la această fază de investigație nu sînt periculoase pentru nici unul dintre ele, întrucît toate mențin același caracter de corp amorf. Unele ușoare modificări sînt evidențiate numai în cazul bitumului de la rafinăria Teleajen în jurul valorilor de  $4,68 \text{ \AA}$ ;  $4,13 \text{ \AA}$ ;  $3,32 \text{ \AA}$  și  $2,82 \text{ \AA}$  unde apar efecte de difracție cu intensitate redusă, dar care nu indică o structură cristalină;

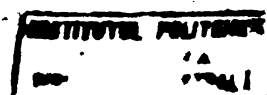
. grupările acide ca și în cazul îmbătrînirii accelerate de laborator cresc, indiferent de etapă și bitum. Din fig. IV.3.16. reiese că și prin îmbătrînire naturală transformările merg în cea mai mare parte pînă la ultima etapă de transformare, respectiv gruparea acidă, întrucît componenta carboxilică atestă creșteri mai mari și că dintre bitumuri cel de la rafinăria Teleajen înregistrează procente mai mari de creștere;

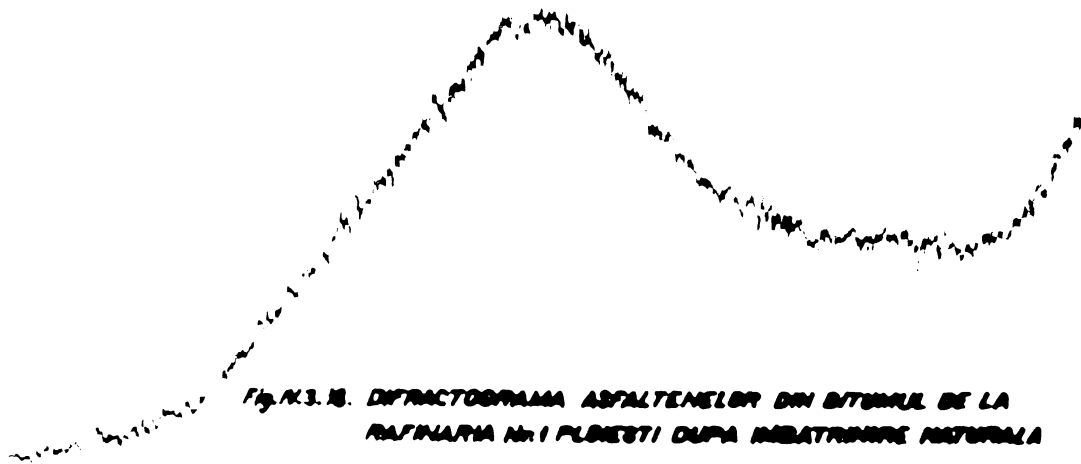
. în mod similar conținutului în asfaltene și al grupărilor acide, crește și numărul de grupări carbonil. Modificările exprimate prin valoarea absorbantei calculată pentru banda de  $1700 \text{ cm}^{-1}$  și prezentată în tabelul IV.3.9. mi-a permis și de această dată să conturez aceeași tendință de comportare a bitumurilor între ele și deci să confirm că susceptibilitatea la îmbătrînire a bitumului parafinos este mai mare decît a celor neparafinoase, iar dintre acestea cel de la rafinăria nr.1 Ploiești este mai rezistent decît celelalte.

Absorbanta determinată pe bitumuri ca atare și în diferite stadii de îmbătrînire

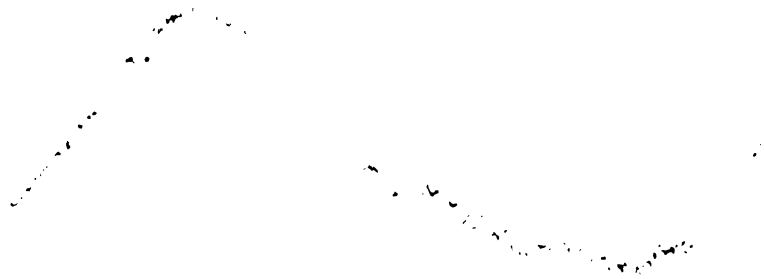
Tabelul IV.3.9.

Stadiul de îmbătrînire	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Orișana	Teleajen
- Bitum inițial	1,136	1,728	1,336	0,844
- Bitum îmbătrînit accelerat 48 cicluri	1,860	1,825	1,860	1,610
- Bitum extras din mixtura de la fabricație	1,940	1,860	2,001	2,002
- Bitum extras din carota de la 1 an	2,084	1,900	2,165	2,004

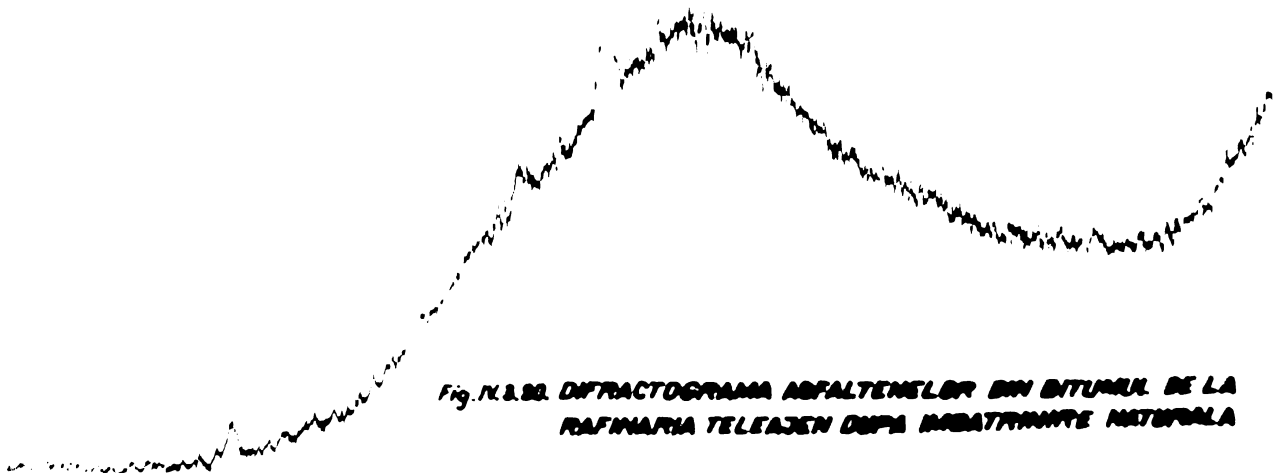




**Fig. N.3.18. DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITUMUL DE LA  
RAFINARIA Nr. 1 PLOIESTI DUPA IMBATRINIRE NATURALA**



**Fig. N.3.19. DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITUMUL DE LA  
RAFINARIA OLTREANA DUPA IMBATRINIRE NATURALA (100)**



**Fig. N.3.20. DIFRACTOGRAMA ASFALTENELOR DIN BITUMUL DE LA  
RAFINARIA TELEAJEN DUPA IMBATRINIRE NATURALA**

Aspectul structurii bitumului îmbătrinit natural  
(un an) determinat prin microscopie electronică



Fig. IV.3.33 - Rafinăria  
Vega

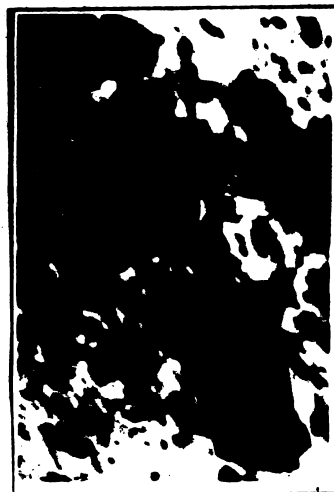


Fig. IV.3.34 - Rafinăria  
nr.1 Ploiești



Fig. IV.3.35 - Rafinăria  
Crișana

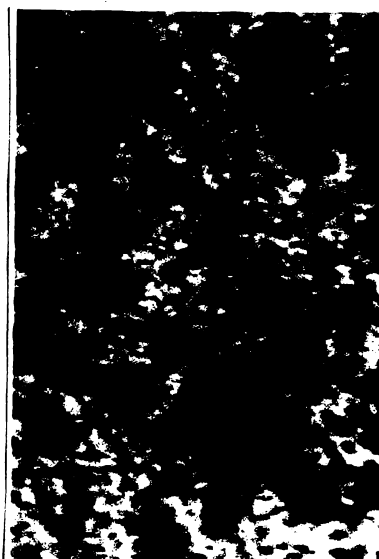


Fig. IV.3.36.- Rafinăria  
Teleajen

spectrul de absorbție în IR prezentat în fig. IV.3.29-IV.3.32. înregistrează pentru toate biturile aceleași grupări de componenți ca și bitumul inițial, dar prin intensitatea de absorbție diferită, marchează modificări de compoziție prin îmbătrânire;

### 3.2.2. Caracterizarea biturilor îmbătrânite din punct de vedere al structurii.

Urmărind modificările de compoziție am stabilit și modificările pe care procesul de îmbătrânire le produce asupra structurii. În acest scop am determinat coeficienții de caracterizare structurală și am evaluat măsura în care s-a modificat structura caracteristică a fiecărui bitum.

Rezultatele obținute le-am examinat ținând seama și de valorile indicelui de penetrație determinat pentru fiecare etapă de îmbătrânire și din compararea tuturor rezultatelor între ele am dedus că modificările de compoziție determină în toate cazurile și pentru toate biturile o trecere către structuri mai gel. Astfel:

- coeficienții de caracterizare determinați din compoziție, înscrși în fig. IV.3.21. - IV.3.22., mi-au permis să scoț în evidență că trecerile spre starea mai gel sînt dependente de bitum și funcție de condițiile de îmbătrânire. În acest sens valorile lor au evidențiat că:

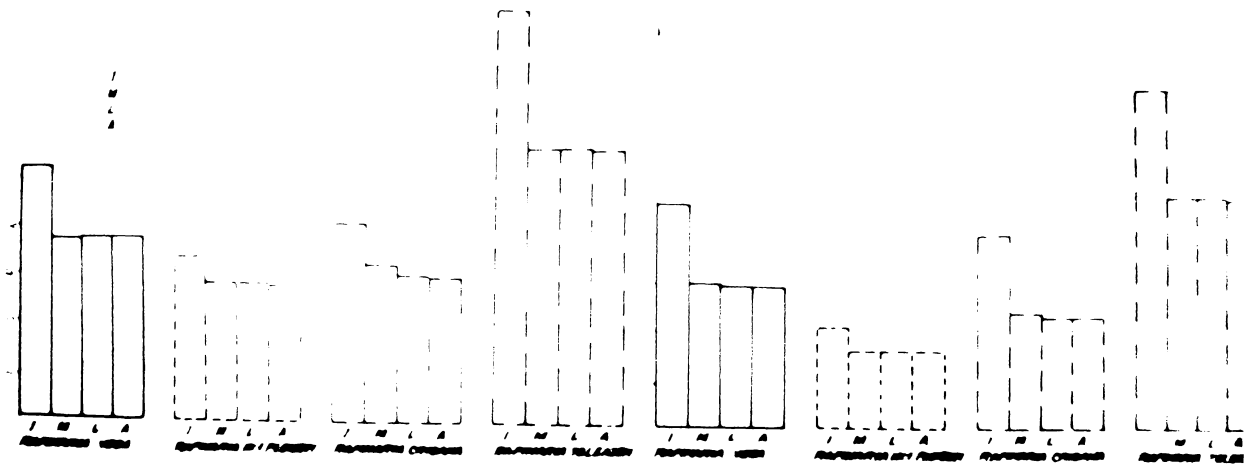
. cele mai importante modificări structurale se produc în procesul de fabricare al mixturilor asfaltice și că ulterior în exploatare sînt mult mai reduse;

. exprimînd procentual modificările coeficientului de dispersie, rezultă că bitumul de la rafinăria Teleajen suferă o transformare mai importantă de structură comparativ celorlalte, dat fiind valoarea cea mai mare a variației. Totuși prin faptul că indicile de instabilitate coloidală se menține mai redus, am dedus că structura lor rămîne în continuare mai sol decît a biturilor neparafinoase. Dintre acestea din urmă, cel de la rafinăria nr. 1 Ploiești prezentînd o variație mai redusă a valorilor coeficienților de caracterizare, atestă și o stabilitate structurală mai mare; biturile de la rafinările Vega și Crișana atestă o stabilitate structurală intermediară între cel de la rafinăria nr. 1 Ploiești și Teleajen;

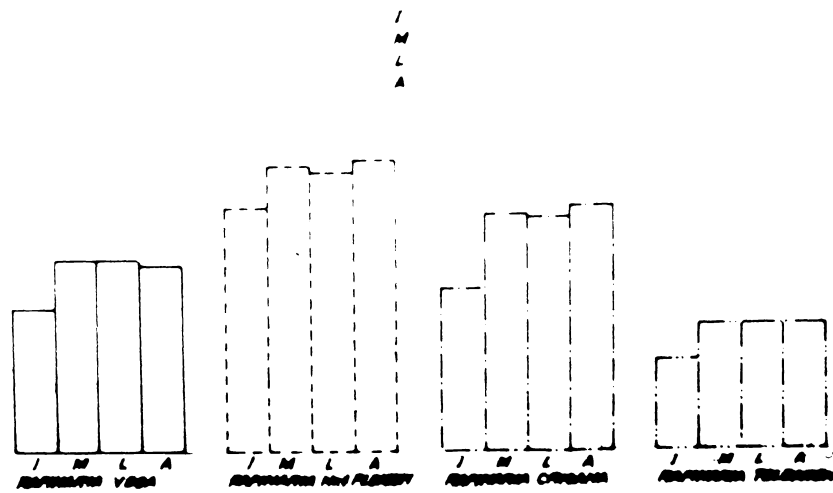


**Fig. A.3.1. MODIFICAREA DEFICIENTULUI DE EXPERTON (C<sub>D</sub>) AL BITURURILOR DUPA IMBĂTRÂNIRE NATURALĂ**

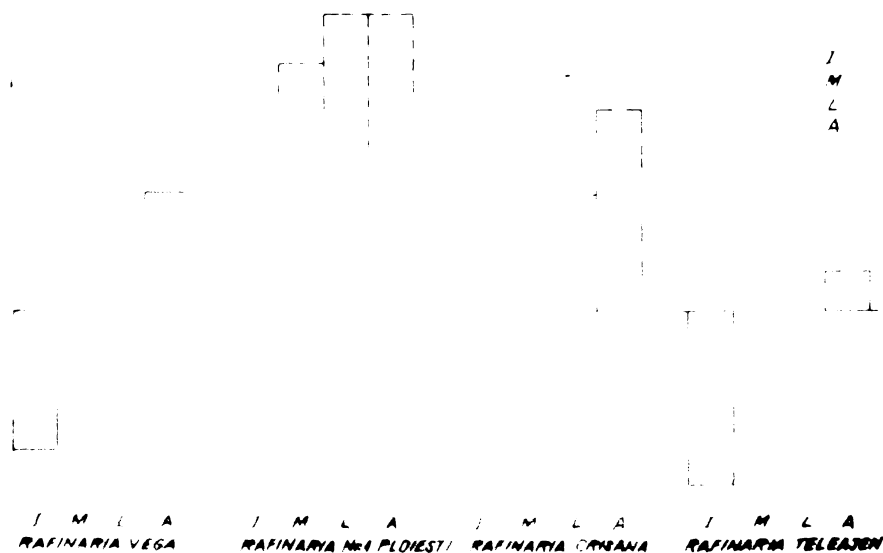
**MODIFICAREA RAPORTULUI FIBRI/ASFALTULI AL BITURURILOR DUPA IMBĂTRÂNIRE NATURALĂ**



**Fig. A.3.2. MODIFICAREA INDICELUI DE IMPERMEABILITATE CĂLĂRIĂ (I<sub>C</sub>) AL BITURURILOR DUPA IMBĂTRÂNIRE NATURALĂ**



**Fig. A.3.23. MODIFICAREA INDICELUI DE PENETRATIE AL BITURURILOR (LP) DUPA IMBĂTRÂNIRE NATURALĂ**



... - prin indicele de penetrație reprezentat grafic în fig. IV.3.23. am stabilit că:

. tendința de modificare a biturilor spre structuri ai gel este aceeași înregistrată prin valoarea coeficienților de caracterizare;

. modificările de stare sînt reduse pentru toate biturile față de fazele de transformare investigate, valoarea indicelui de penetrație menținîndu-se sub +2; valoarea de +2 delimitînd structura gel și comportarea vîsco-elastică, am tras concluzia că în fabricație și exploatare modificările suferite de bituri nu au fost periculoase;

- faptul că transformările în aceste condiții de testare nu au rupt echilibrul coloidal pentru nici una dintre etape și pentru nici unul dintre bituri, am dovedit-o și prin:

. imaginea lăsată de pata Oliensis pe hîrtie, care se menține în continuare omogenă pentru toate biturile, așa cum se vede din fig. IV.3.28;

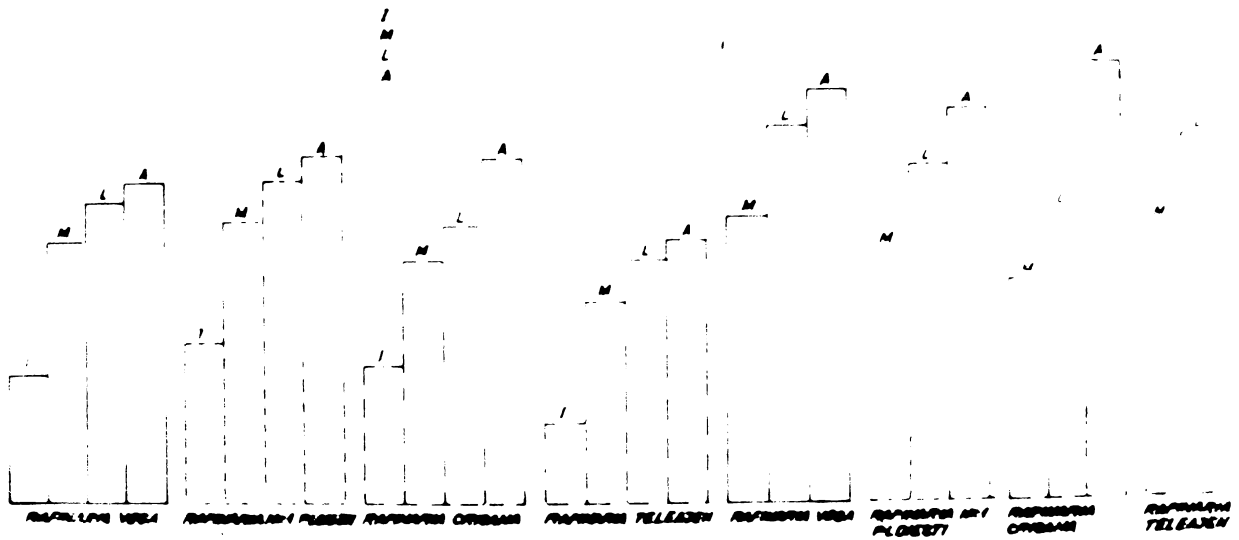
. imaginea structurii obținută cu ajutorul microscopului electronic din fig. IV.3.33. - IV.3.36. care arată că după îmbătrînirea naturală în exploatare, a biturilor timp de un an, se păstrează caracterul dispers al micelilor. Ca și în cazul îmbătrînirii artificiale imaginile arată că aglomerările de micelle sînt mai mari după îmbătrînirea biturilor, dar ele nu se aglomerează pentru a forma o fază continuă.

Toate aceste rezultate mi-au permis să confirm și pe baza caracteristicilor de structură că între bituri susceptibilitatea la îmbătrînire este diferită și că este mai mare în cazul bitumului parafinos decît la cele neparafinoase și că dintre acestea cele fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești sînt mai puțin susceptibile la îmbătrînire decît cele provenite de la rafinările Crișana și Vega.

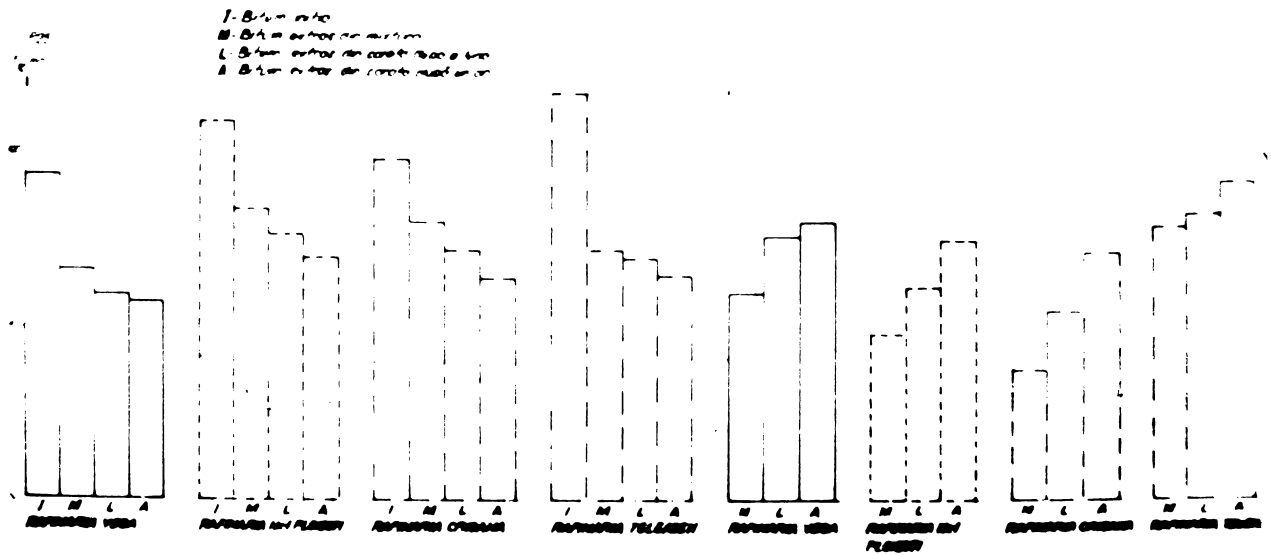
### 3.2.3. Caracterizarea biturilor îmbătrînite din punct de vedere al comportării

Stabilirea comportării biturilor cercetate în lucrare după fiecare etapă de îmbătrînire, mi-a permis să relev că toate transformările produse în compoziție și structură se transpun în

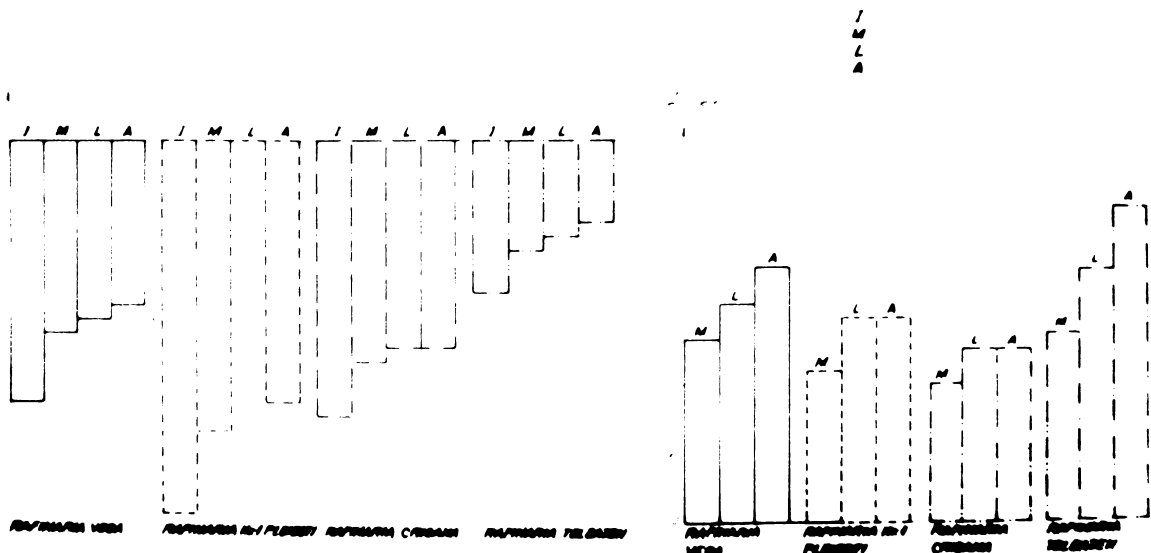
**Fig. 2.87. MODIFICAREA PUNCTULUI DE INAMUIERE,  $I_B$ , AL BITUMURILOR DUPA AMESTRARE NATURALA**



**Fig. 2.88. MODIFICAREA PUNCTULUI LA 20°C (P<sub>20</sub>) A BITUMURILOR DUPA AMESTRARE NATURALA**



**Fig. 2.89. MODIFICAREA PUNCTULUI DE RUPERE FRASES AL BITUMURILOR DUPA AMESTRARE NATURALA**



caracteristicile de comportare ale biturilor, evidențiind o durificare, prin oricare dintre metodologiile de testare aplicate; metode curente sau metode reometrice.

Examinarea comparativă a rezultatelor obținute, între ele și față de biturile inițiale și într-un caz și în celălalt, mi-a dat posibilitatea să stabilesc modul în care evoluează biturile prin comportare și totodată să desprind concluzii practice asupra calității fiecăruia. Astfel:

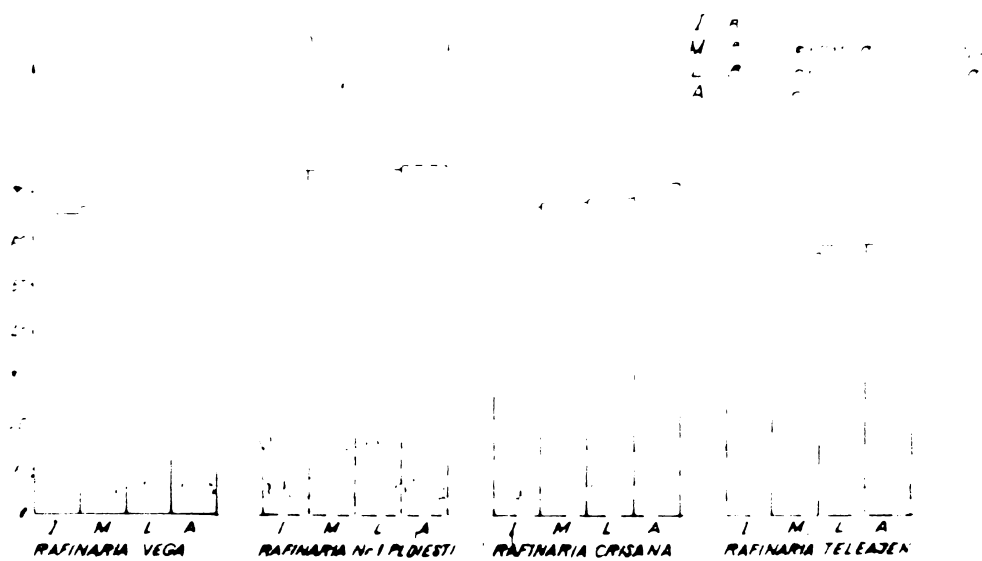
- din constatările făcute asupra rezultatelor încercărilor curente înscrise în tabelul IV.3.5. - IV.3.9. (anexa IV, pag. 1-15) am dedus că modificările de comportare permit caracterizarea gradului de transformare de la o etapă de îmbătrânire a bitumului la alta, dar relevă într-o măsură mai redusă susceptibilitatea la îmbătrânire a biturilor între ele. În scopul de a evidenția mai bine constatarea făcută, modificările le-am exprimat procentual, obținând astfel următoarele:

. punctul de înmuiere prezentat în fig. IV.3.24. mărește durificarea printr-o creștere pînă la 14 % față de bitumul inițial după încălzire în procesul de fabricație al mixturilor și pînă la 22 % după menținerea sub circulație a îmbrăcămintei bituminoase timp de un an. Valorile sînt globale referindu-se la toate biturile întrucît rezultatele nu permit o caracterizare netă între ele;

. penetrația determinată la 25°C prezentată în fig. IV.3.25. scade cu valori pînă la 29 % pentru biturile neparafinoase și pînă la 39 % pentru cel parafinos în cazul primei etape de îmbătrînire și pînă la 39 % pentru biturile neparafinoase și respectiv pînă la 45 % pentru bitumul parafinos pentru a doua etapă de îmbătrînire. Cu privire la comportarea biturilor neparafinoase între ele, rezultatele determinării penetrației nu permit o caracterizare concludentă. Determinată la 10°C și 15°C, penetrația relevă o menținere a comportării similară temperaturii de 25°C;

. referitor la ductilitate se înregistrează influența stării de structură; în cazul bitumului fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești, mai gel, capacitatea de întindere se reduce, bitumul devenind mai elastic, în timp ce pentru celelalte bituri mai sol, ea se menține cu o valoare similară biturilor inițiale indiferent de gradul de îmbătrînire al fiecăruia;

**Fig. IV. 3.27. MODIFICAREA CIMPULUI DE PLASTICITATE AL BITUMURILOR  
DUPA IMBATRINIRE NATURALA**



. punctul de rupere Fraass prezentat grafic în fig. IV.3.26. înregistrează creșteri ale valorilor. Deși procentual reșterile sînt ridicate pentru toate bitumurile, în cazul biturilor neparafinoase, comportarea se menține superioară și după îmbătrînire întrucît valorile efective atestate de ele, se situează sub  $-12^{\circ}\text{C}$ , în timp ce pentru bitumul parafinos cresc pînă la  $-6^{\circ}\text{C}$ . Se menționează că rezultatele concordă celor obținute prin îmbătrînirea accelerată în laborator;

. determinarea cîmpului de plasticitate, suplimentar celorlalte determinări, mi-a dat posibilitatea să evidențiez că și bitumurile sînt afectate calitativ prin îmbătrînire nici unul dintre ele, indiferent de etapa de transformare, nu suferă degradări întrucît nu se reduce domeniul de comportare visco-elastică (fig. IV.3.27.). Această constatare coincide concluziilor cercetărilor asupra compoziției și structurii, prin care am dovedit că prelucrarea bitumurilor în condiții moderate conform prevederilor normelor în vigoare îmbătrînește bitumul, dar nu este periculoasă;

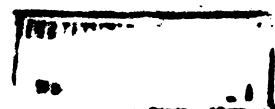
- determinarea proprietăților de curgere, reometrie, mai complexă și mai cuprinzătoare a efectelor pe care modificările structurale ce survin pe parcursul procesului de îmbătrînire le exercită asupra caracteristicilor de comportare ale bitumurilor mi-a dat posibilitatea să stabilesc comparativ, odată cu măsura în care structura restabilitează, în urma transformărilor de compoziție, modifică proprietățile reologice ale bitumurilor și susceptibilitatea lor la îmbătrînire.

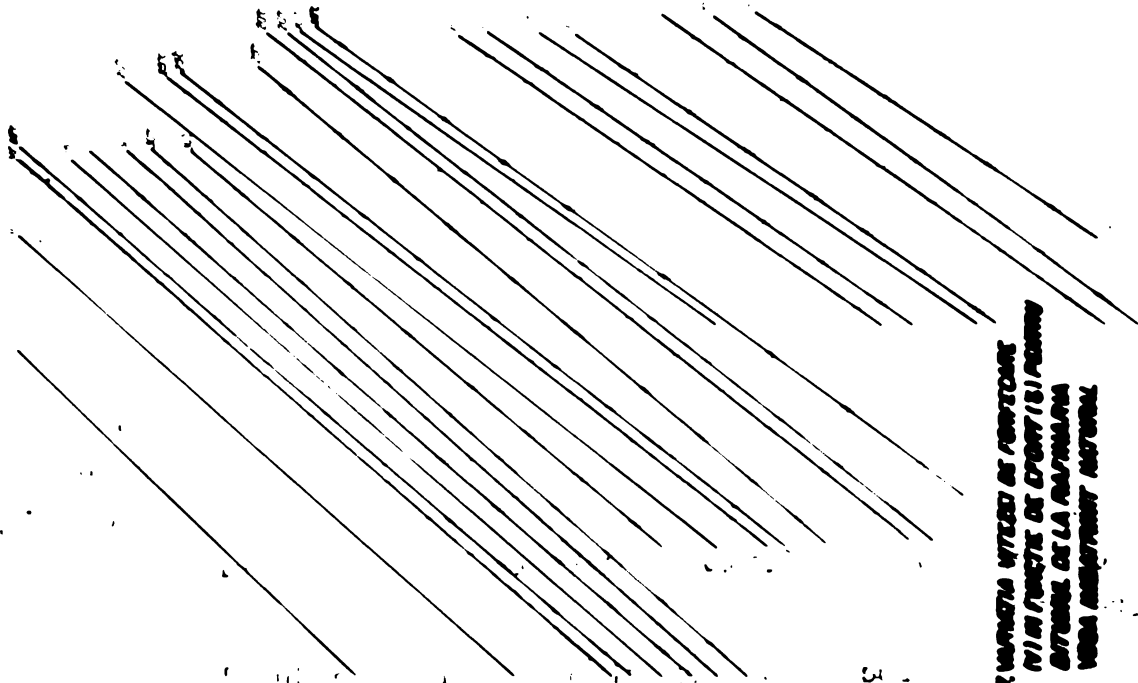
Intrucît stabilirea caracteristicilor de curgere prin determinări de vîscozitate, modul de rigiditate și penetrație au implicat un volum deosebit de mare de lucrări, prezentarea și interpretarea rezultatelor am bazat-o pe exprimarea lor grafică și pentru ca modificările să apară mai evidente, rezultatele le-am grupat după cum urmează:

. curbele de curgere:

.. fig. IV.3.37. - IV.3.40. și IV.3.41. - IV.3.44. prezintă în paralel curbele de curgere ale celor patru bitumuri pentru toate etapele de îmbătrînire respectiv  $v = f(\zeta)$  și  $D_r = f(\zeta)$ ;

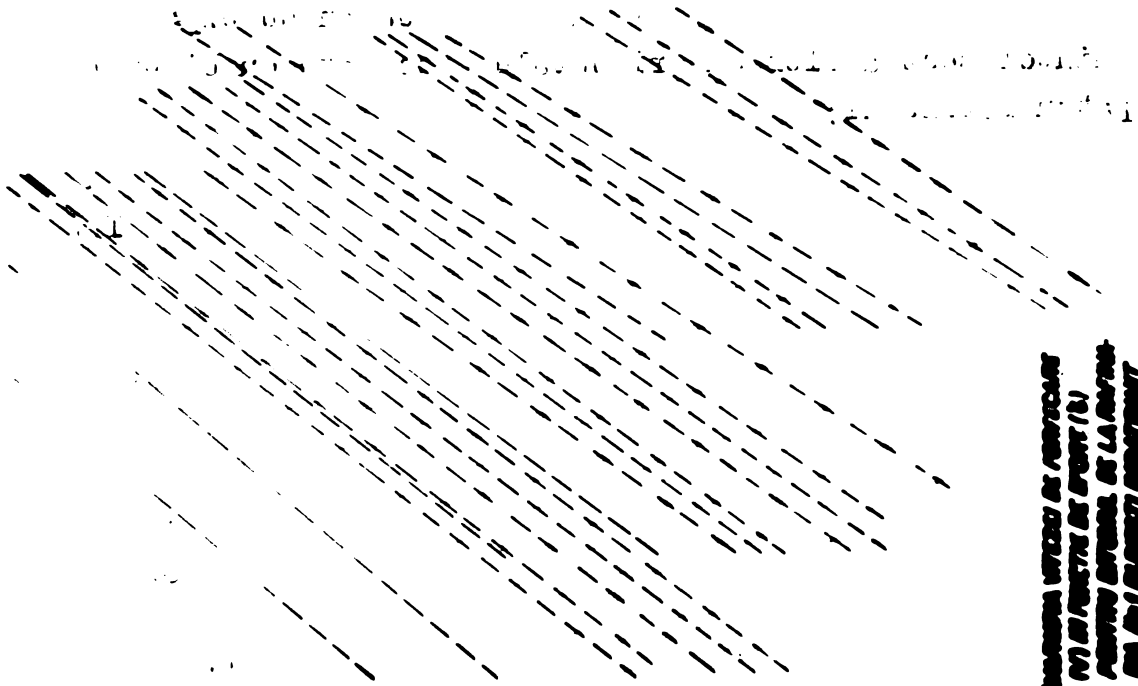
.. fig. IV.3.49. prezintă în paralel variația rigidității bitumurilor îmbătrînite în raport cu cele inițiale, în funcție de temperatură, prin rapoartele dintre modulul bitumurilor îmbă-





5  
4  
3  
2  
1

APPELLAZIONE VERBALE UTILE DI FORTICAZIONE  
N° 111 FORTICAZIONE DI FORTICAZIONE  
DIREZIONE DI LA FORTICAZIONE  
VERBALE ASSISTENTE FORTICAZIONE



5  
4  
3  
2  
1

APPELLAZIONE VERBALE UTILE DI FORTICAZIONE  
N° 111 FORTICAZIONE DI FORTICAZIONE  
DIREZIONE DI LA FORTICAZIONE  
VERBALE ASSISTENTE FORTICAZIONE

trînite față de modulul bitumurilor inițiale;

.. fig. IV.3.45. - IV.3.46. prezintă curbele de curgere ale bitumurilor extrase din mixturile fabricate cu bitumurile celor patru rafinării, trasate pe baza valorilor modulului de rigiditate determinat în funcție de durata de solicitare și respectiv de temperatură;

.. fig. IV.3.47. - IV.3.48. prezintă curbele de curgere ale bitumurilor extrase din carotele prelevate din îmbrăcăminte după un an de exploatare a sectoarelor experimentale pentru toate bitumurile, trasate pe baza valorilor modulului de rigiditate determinat la diferite durate de solicitare și respectiv la diferite temperaturi;

. curbe reduse exprimate pe baza modulului de rigiditate:

.. fig. IV.3.50. - IV.3.53. prezintă în paralel bitumurile după îmbătrânire comparativ celor inițiale, în funcție de rafinăria prelucrătoare;

.. fig. IV.3.54. - prezintă în paralel toate bitumurile extrase din mixturile fabricate cu bitumuri de la cele patru rafinării;

.. fig. IV.3.55. - prezintă în paralel toate bitumurile extrase din carotele prelevate după un an de exploatare a îmbrăcămintei sectoarelor experimentale executate cu bitumurile celor patru rafinării;

. susceptibilitatea termică dedusă din determinarea modulului de rigiditate  $S_b$  la diferite temperaturi în fig. IV.3.56;

. diagramele de reprezentare ale bitumurilor:

.. fig. IV.3.57. - IV.3.60. prezintă diagramele de reprezentare corespunzătoare bitumurilor fiecărei rafinării în toate etapele de îmbătrânire, comparativ bitumurilor înainte de prelucrare;

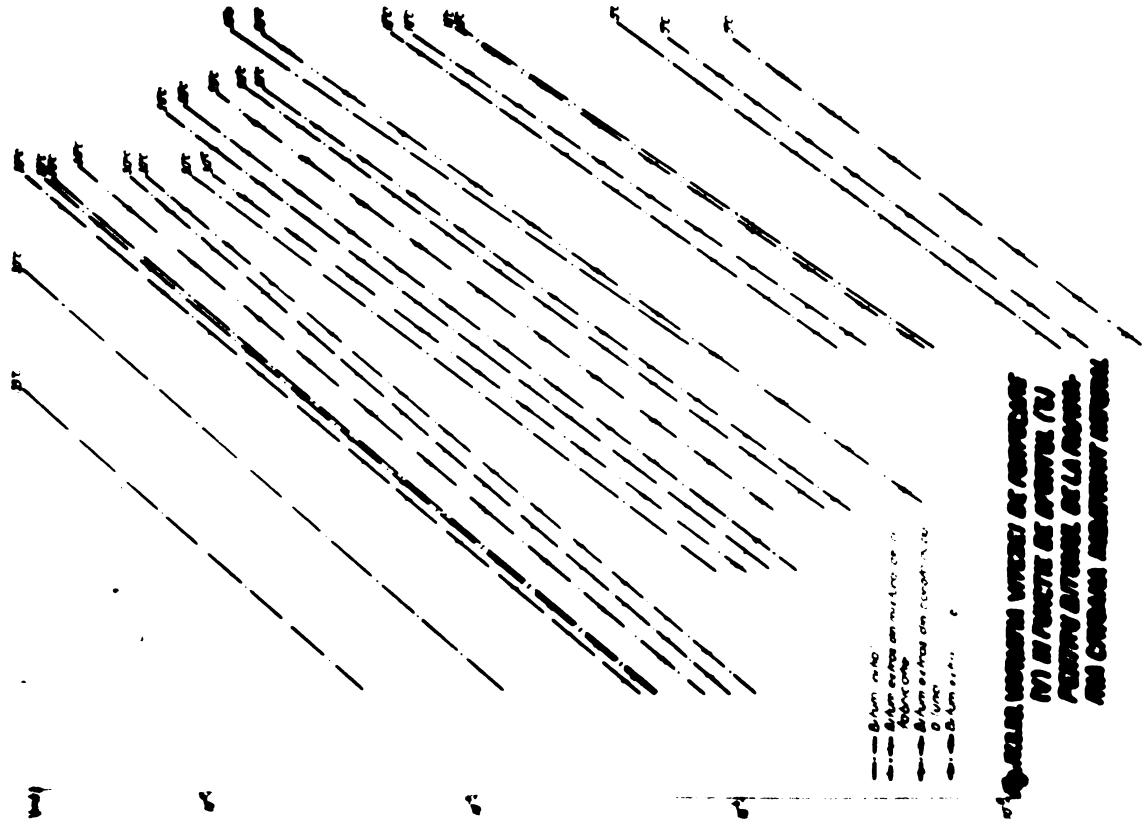
.. fig. IV.3.61. - prezintă diagrama de reprezentare pentru bitumurile extrase din mixturile fabricate cu cele patru bitumuri;

.. fig. IV.3.62. - prezintă diagrama de reprezentare pentru toate bitumurile extrase din carote, prelevate după o lună de exploatare a sectoarelor experimentale;

.. fig. IV.3.63. - prezintă diagrama de reprezentare pentru toate bitumurile extrase din carote, prelevate după un an de

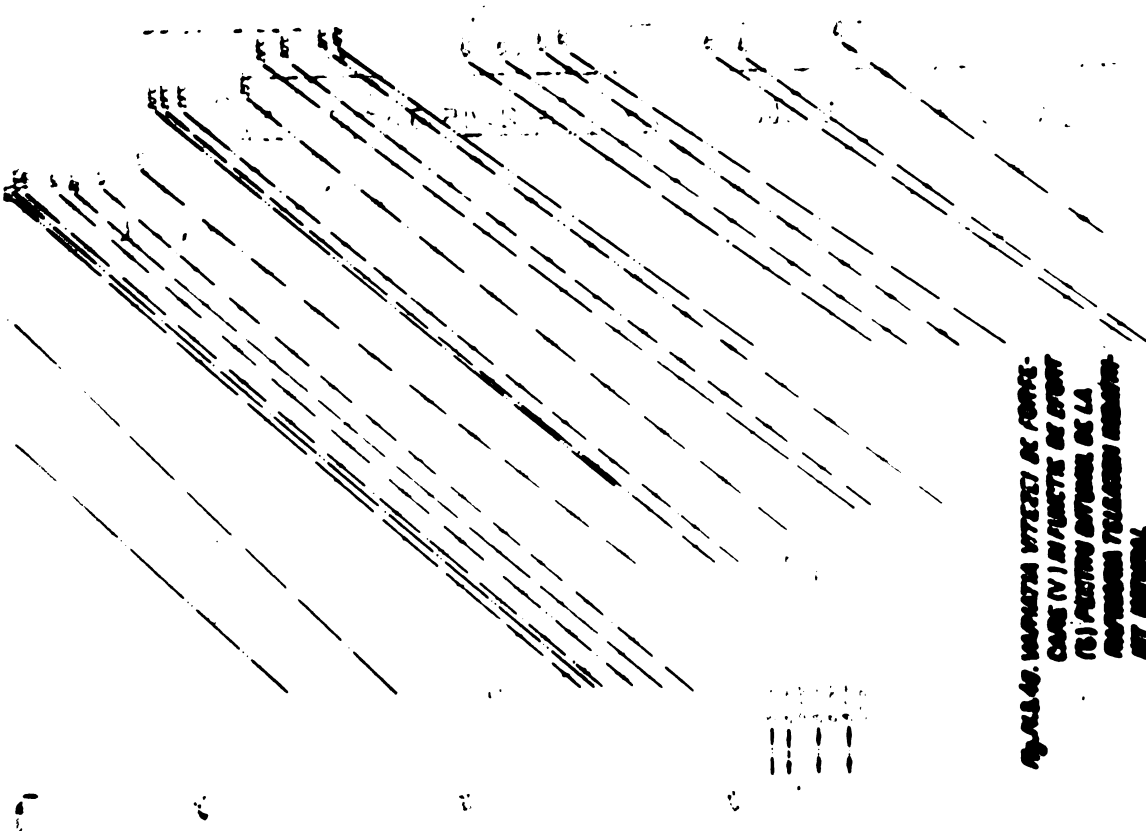
.. // ..





- B. un 1/2
- B. un 3/4
- B. un 1
- B. un 1 1/4
- B. un 1 1/2
- B. un 1 3/4
- B. un 2
- B. un 2 1/4
- B. un 2 1/2
- B. un 2 3/4
- B. un 3

**PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT**  
**(N° 1) DE LA RUE DE LA PAIX (L)**  
**PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT**  
**(N° 2) DE LA RUE DE LA PAIX (L)**



**PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT**  
**(N° 3) DE LA RUE DE LA PAIX (L)**  
**PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT**  
**(N° 4) DE LA RUE DE LA PAIX (L)**

exploatare a sectoarelor experimentale.

Examinarea în paralel a rezultatelor obținute mi-a permis să desprind, ținând seama de comportarea biturilor inițiale, următoarele:

— îmbătrânirea poate fi exprimată ca urmare creșterii de consistență, de modificările de stare de la faza solidă la cea lichidă, deoarece înregistrează diferențieri evidente și care sînt cu atît mai mari cu cît gradul de evoluție este mai înaintat.

Prin datele înscrise în tabelul IV.3.10. am stabilit, pe baza măsurătorilor de vîscozitate determinate în condiții diferite de efort,  $\delta$ , și temperatură, T, că pe măsura îmbătrînirii biturilor rezistența lor la curgere crește dat fiind creșterea vîscozităților, înregistrată pentru toate cazurile.

Vîscozitatea dinamică a biturilor în diferite stadii de îmbătrînire comparativ biturilor inițiale

Tabelul IV.3.10.

Stadiul de îmbătrînire	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
1	2	3	4	5
<u>Vîscozități (cP) determinate pentru <math>\delta = 2,45 \cdot 10^6</math> dyn/cm<sup>2</sup></u>				
La 10°C:				
- bitum inițial	$3,8 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9$	$3,1 \cdot 10^9$	$4,6 \cdot 10^9$
- bitum extras din mixtură	$1,5 \cdot 10^{10}$	$8,7 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^{10}$	$1,8 \cdot 10^{10}$
- bitum extras din carota după 1 an	$2,5 \cdot 10^{10}$	$2,1 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^{10}$	$3,5 \cdot 10^{10}$
La 20°C:				
- bitum inițial	$3,8 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^8$	$4,3 \cdot 10^8$
- bitum extras din mixtură	$2,0 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9$
- bitum extras din carota după 1 an	$4,1 \cdot 10^9$	$3,8 \cdot 10^9$	$4,0 \cdot 10^9$	$5,0 \cdot 10^9$
La 30°C:				
- bitum inițial	$2,3 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^7$
- bitum extras din mixtură	$1,4 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,4 \cdot 10^8$	$9,6 \cdot 10^7$
- bitum extras din carota după 1 an	$4,1 \cdot 10^8$	$4,0 \cdot 10^8$	$4,1 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$

Fig. 10.3.42. VARIETATEA GRAFICĂ A VITEZELOR DE PROPAGARE (M/S) CU  
SPERTELE (E) ÎNTRU BITUENUL DE LA RAFINAREA VEBA

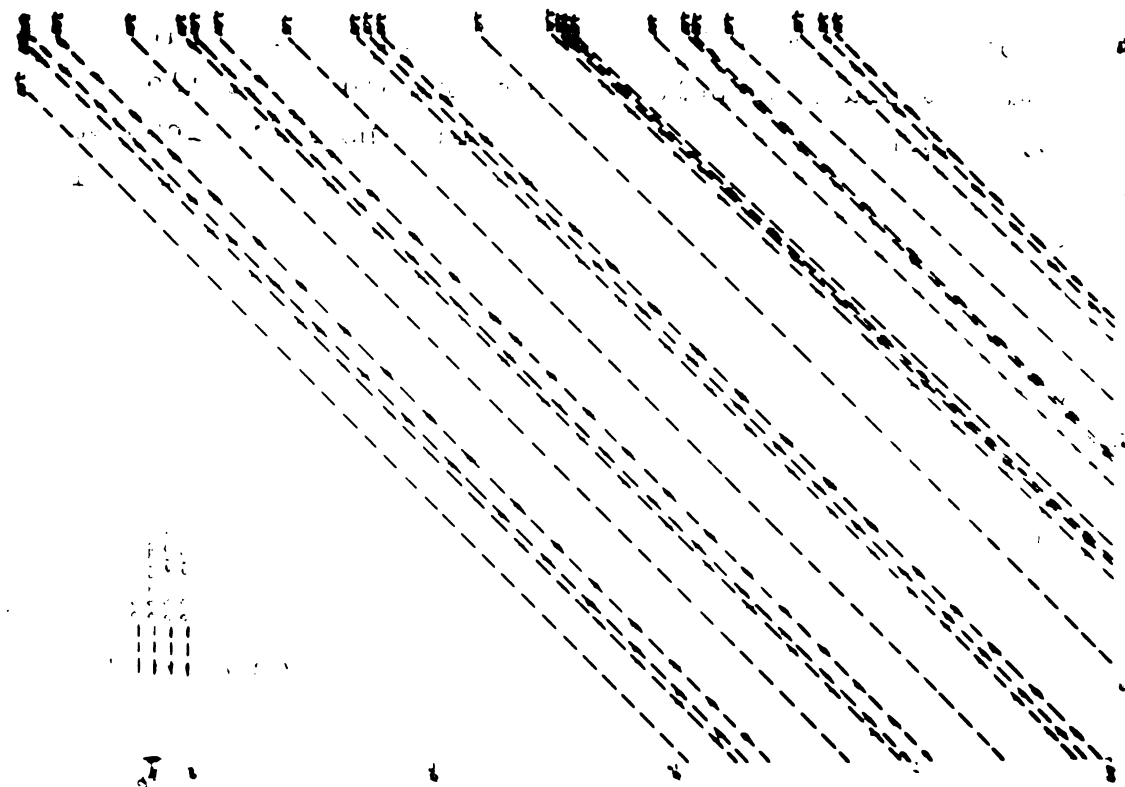
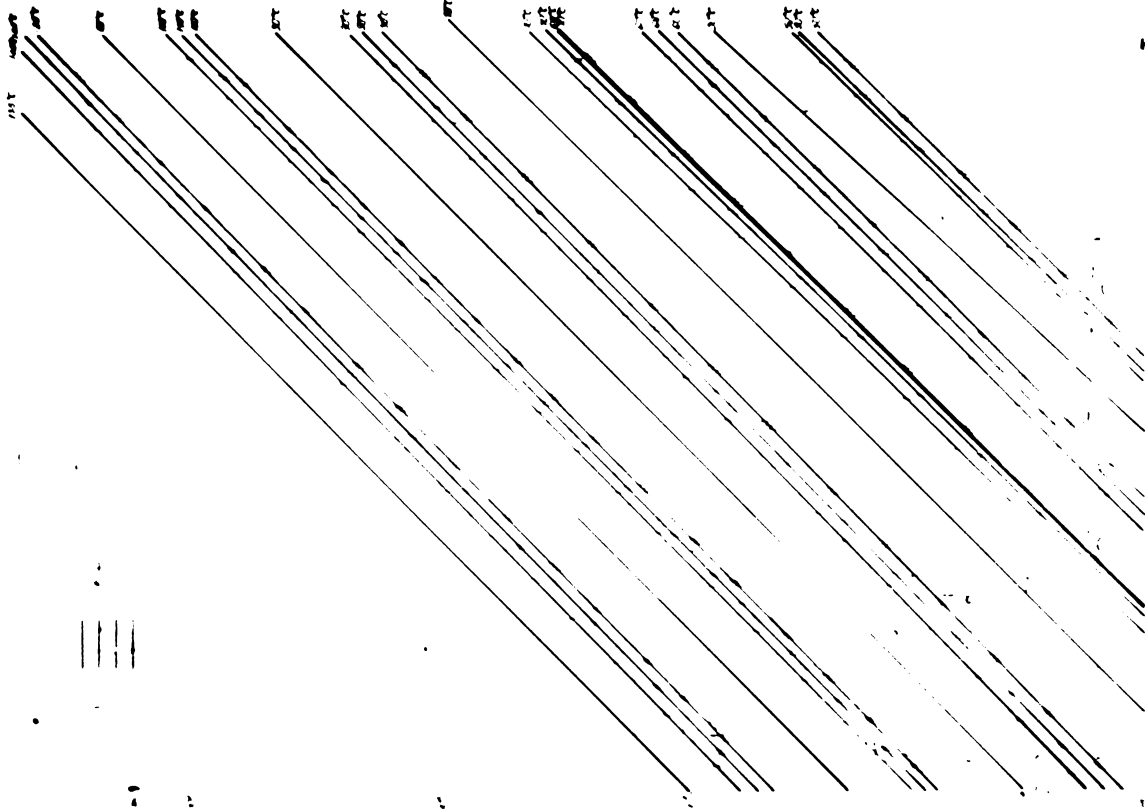


Fig. 10.3.41. VARIETATEA GRAFICĂ A VITEZELOR DE PROPAGARE (M/S) CU  
SPERTELE (E) ÎNTRU BITUENUL DE LA RAFINAREA VEBA



	1	2	3	4	5
<u>scozități (σP) determinate pentru <math>\zeta = 1,0 \cdot 10^4</math> dyn/cm<sup>2</sup></u>					
60°C:					
bitum inițial	1,5.10 <sup>5</sup>	2,1.10 <sup>5</sup>	1,8.10 <sup>5</sup>	5,2.10 <sup>4</sup>	
bitum extras din mixture	3,1.10 <sup>5</sup>	4,2.10 <sup>5</sup>	3,2.10 <sup>5</sup>	1,15.10 <sup>5</sup>	
bitum extras din carota după 1 an	4,4.10 <sup>5</sup>	5,9.10 <sup>5</sup>	5,2.10 <sup>5</sup>	2,4.10 <sup>5</sup>	
90°C:					
bitum inițial	1,04.10 <sup>4</sup>	1,2.10 <sup>4</sup>	8,8.10 <sup>3</sup>	5,2.10 <sup>3</sup>	
bitum extras din mixture	2,0.10 <sup>4</sup>	2,5.10 <sup>4</sup>	1,3.10 <sup>4</sup>	9,5.10 <sup>3</sup>	
bitum extras din carota după 1 an	2,8.10 <sup>4</sup>	3,0.10 <sup>4</sup>	2,1.10 <sup>4</sup>	1,4.10 <sup>4</sup>	
135°C:					
bitum inițial	4,8.10 <sup>2</sup>	5,6.10 <sup>2</sup>	4,6.10 <sup>2</sup>	2,5.10 <sup>2</sup>	
bitum extras din mixture	8,0.10 <sup>2</sup>	9,5.10 <sup>2</sup>	5,1.10 <sup>2</sup>	4,1.10 <sup>2</sup>	
bitum extras din carota după 1 an	1,1.10 <sup>3</sup>	1,3.10 <sup>3</sup>	7,0.10 <sup>2</sup>	5,0.10 <sup>2</sup>	

- comportarea biturilor îmbătrânite se menține în limitele comportării visco-elastice indiferent de stadiul modificărilor, întrucât alura curbelor de curgere ale funcțiilor  $S_b=f(T)$  și  $S_b=f(t)$  menține, așa cum am evidențiat înscriind rezultatele bținute pe baza determinării modulilor de rigiditate în graficul în fig. IV.3.45,46. și IV.3.47,48, caracterul comun al curbelor reprezentative ale biturilor inițiale (fig. III.3.4.) și anume:

. în domeniul temperaturilor scăzute și al duratelor de solicitare reduse, o comportare în care se manifestă preponderant componenta elastică;

. în domeniul temperaturilor ridicate și al sarcinilor de durată o comportare în care este predominantă componenta viscoasă;

. în domeniul solicitărilor cu valori intermediare, comportări influențate mai mult de una sau de cealaltă componentă, în funcție de valoarea solicitărilor;

Fig. 12.3.43. MARIETA CARACTULUI VITEZI DE FEROCAROT (M) CU SUREZI  
(N) PE TRU BITUULUI DE LA RAFINARIA CRIBANA

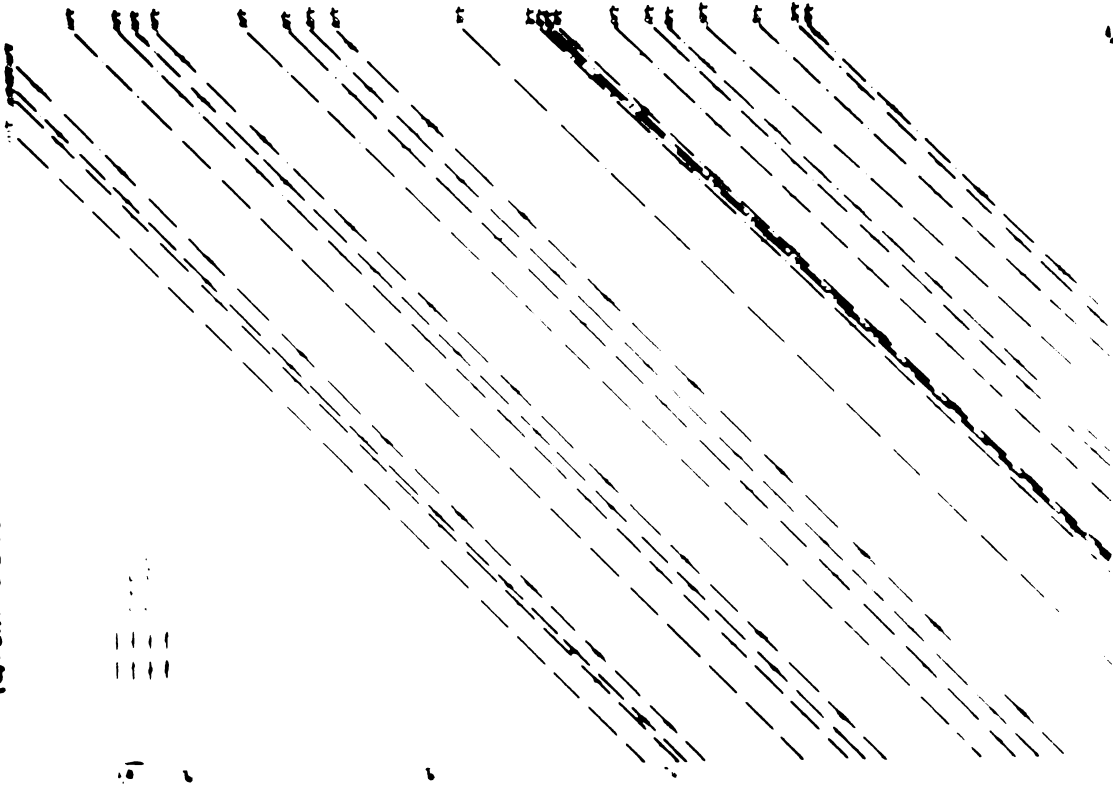
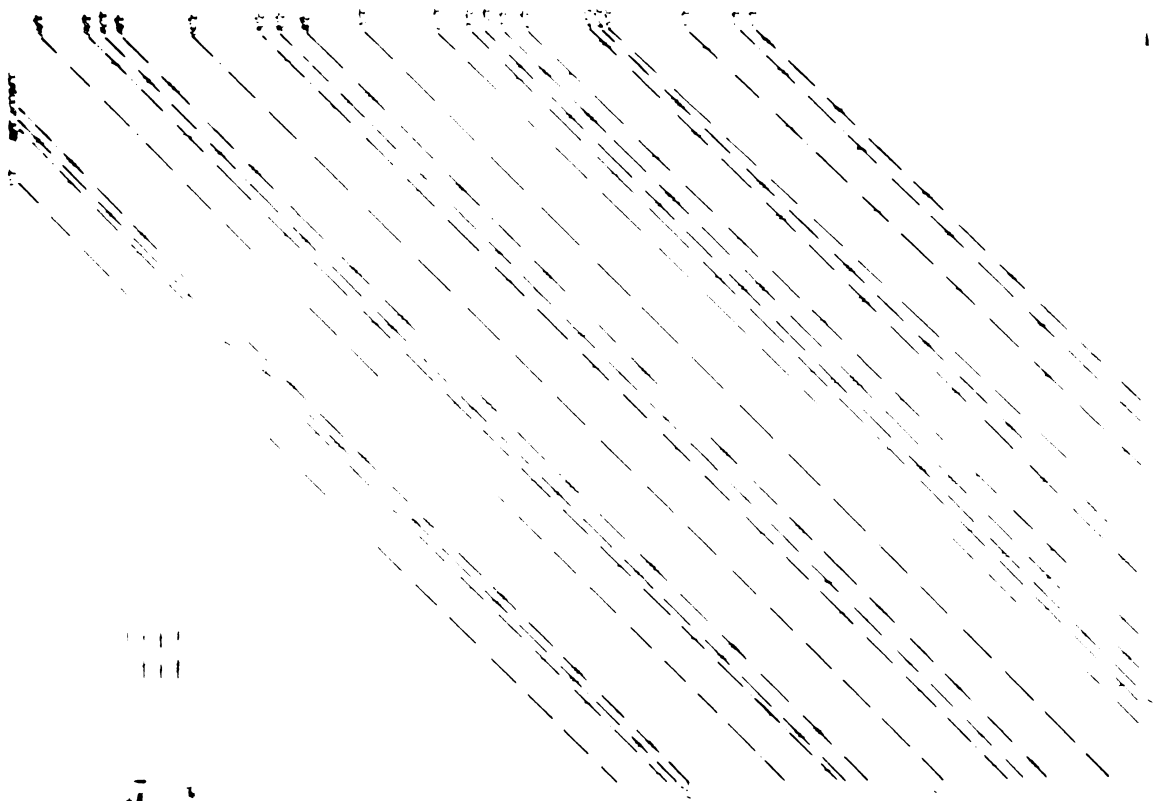


Fig. 12.3.44. MARIETA CARACTULUI VITEZI DE FEROCAROT (M) CU  
SPRUTELI (N) PE TRU BITUULUI DE LA RAFINARIA TELEBEN



Evoluția biturilor este înregistrată de decalarea curbelor de curgere între ele de la o fază de îmbătrânire la alta;

- modificările produse asupra biturilor în procesul de fabricație al mixturilor asfaltice sînt mai importante decît modificările produse de agenții de trafic și climă pe parcursul unui an de exploatare a sectoarelor experimentale.

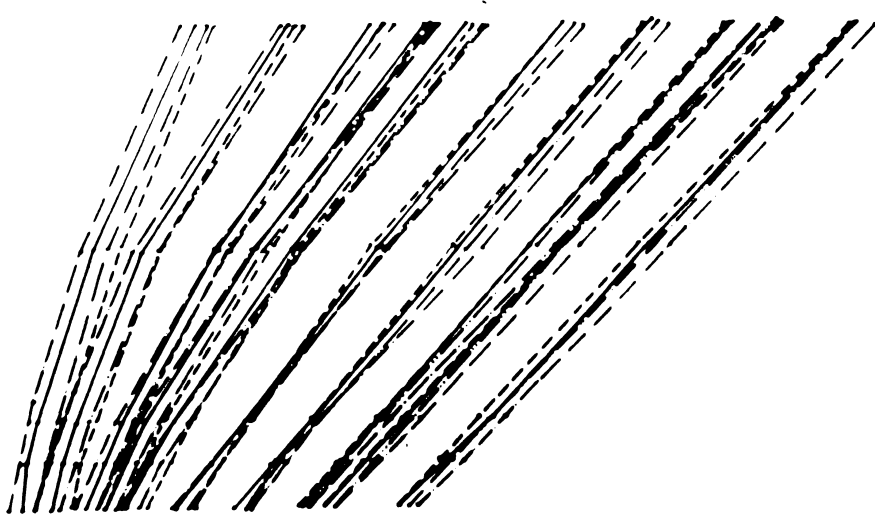
În tabelul IV.3.11. înscriind valorile pragului de tensiune determinat din curbele de curgere înscrișe în fig. IV.3.41-IV.3.44. în condițiile unui gradient al vitezei de forfecare de  $0,15 \text{ sec}^{-1}$  pentru temperaturile de  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$  și  $70^{\circ}\text{C}$ , precum și a rapoartelor corespunzătoare transformărilor pe etape față de biturile inițiale, am stabilit că pentru toate biturile creșterile rezistenței la curgere sînt mai mari față de această fază de transformare decît ulterior sub circulație și ca atare că efectul căldurii care acționează în procesul de fabricație al mixturilor asfaltice este mai pregnant decît acțiunea ce se exercită timp de un an în exploatare.

Creșterea consistenței biturilor prin  
îmbătrânire, exprimată prin valoarea pra-  
gului de tensiune

Tabelul IV.3.11.

Stadiul de îmbătrânire	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
1	2	3	4	5
<u>Pragul de efort, <math>\sigma</math>, în <math>\text{dyn/cm}^2</math>, pentru <math>D_r = 0,15 \text{ sec}^{-1}</math></u>				
La $50^{\circ}\text{C}$ :				
- bitum inițial	$1,3 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	$4,8 \cdot 10^2$
- bitum extras din mixtură	$2,1 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^3$	$9,0 \cdot 10^2$
- bitum extras din carota după 1 an	$2,6 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$	$2,8 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$
- $\delta$ mixtură/ $\delta$ inițial	1,6	1,6	1,6	1,9
- $\delta$ an/ $\delta$ inițial	2,0	1,9	2,0	3,3
La $60^{\circ}\text{C}$ :				
- bitum inițial	$2,5 \cdot 10^2$	$3,8 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$8,0 \cdot 10^1$
- bitum extras din mixtură	$5,2 \cdot 10^2$	$6,5 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2$	$1,9 \cdot 10^2$

APLIKASINYA PADA KELOMPOK BUKU (1) AL KUTUBUNYALAH BERTARAF DAN AMTUMU CU BUKUNYALAH  
DE AKTIVITAS A BUKUNYALAH (2) DI CU TEMPE BUKUNYALAH



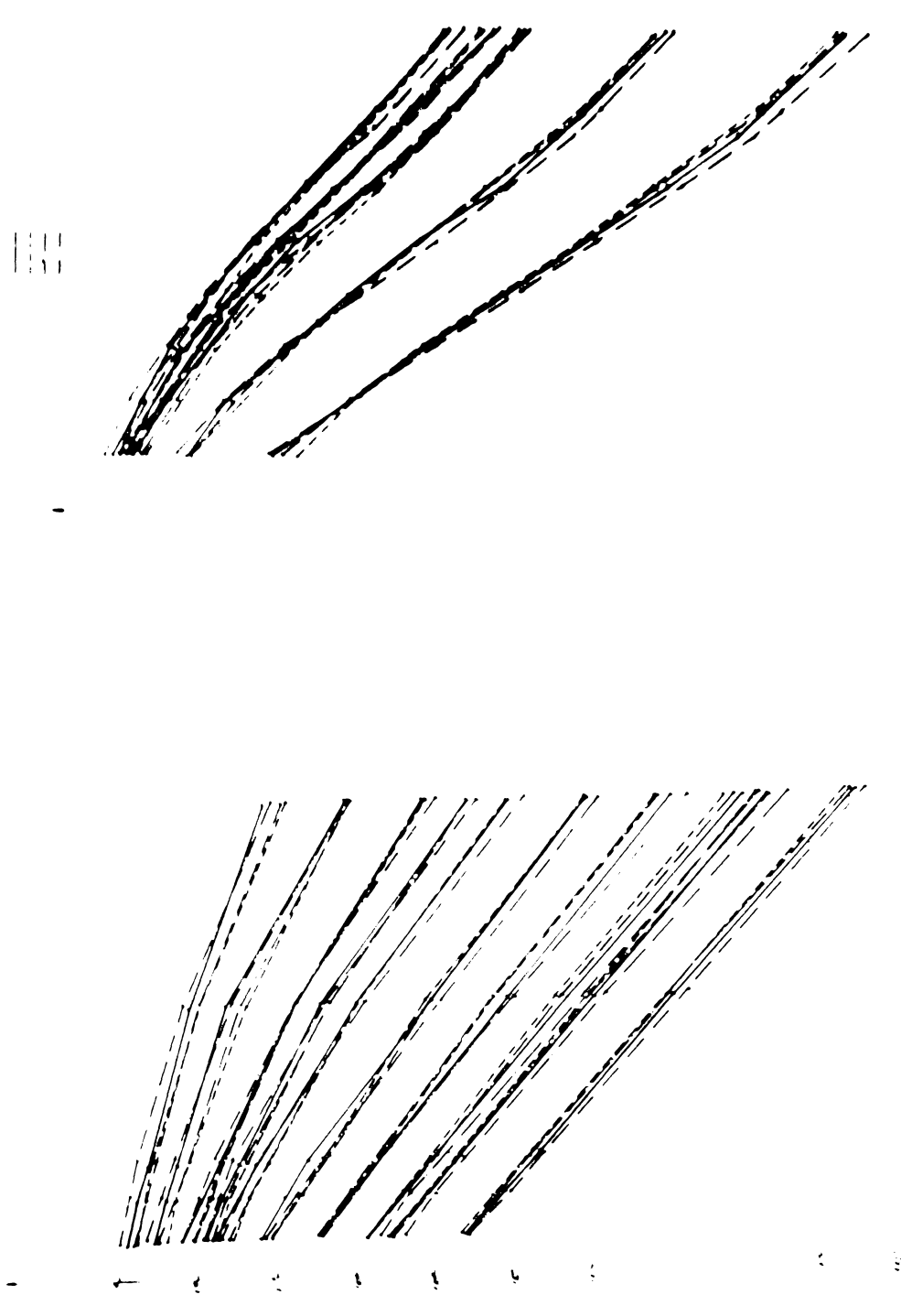
	1	2	3	4	5
bitum extras din carota după 1 an	$7,0 \cdot 10^2$	$9,0 \cdot 10^2$	$8,3 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^2$	
$\epsilon$ mixtură/ $\epsilon$ inițial	2,1	1,7	1,9	2,4	
$\epsilon$ an/ $\epsilon$ inițial	2,8	2,4	2,8	5,0	
a 70°C:					
bitum inițial	$1,0 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	intră în curgere	
bitum extras din mixtură	$2,3 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	
bitum extras din carota după 1 an	$3,0 \cdot 10^2$	$3,3 \cdot 10^2$	$3,2 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$	
$\epsilon$ mixtură/ $\epsilon$ inițial	2,3	2,1	2,2	-	
$\epsilon$ an/ $\epsilon$ inițial	3,0	2,5	2,9	-	

Efectul apare mai evident în exprimarea comportării în funcție de modulul de rigiditate, prin reprezentarea efectului cumulat al temperaturii și timpului de solicitare, în curbele unice în fig. IV.3.50.-IV.3.55. cât și din diagramele de reprezentare ale biturilor - fig. IV.3.57.-IV.3.60. prin decalajul mai mare care îl prezintă în acest caz față de curbele de curgere ale biturilor inițiale;

- caracteristicile de comportare dintre bitumuri menționate între ele caracterul de variație al biturilor inițiale și după îmbătrânire, indiferent de etapa investigată întrucât curbele de curgere (fig. IV.3.37.-IV.3.44.) păstrează pentru bitumuri diferențieri, care caracterizează bitumurile neparafinoase în domeniul temperaturilor scăzute ca mai puțin rigidizate decât cele parafinoase. Comportarea se menține până în domeniul temperaturilor medii pentru ca apoi starea de consistență a biturilor parafinoase să scadă relativ mai repede la creșterea ulterioară a temperaturii, decât a biturilor neparafinoase; această constatare a rezultat din exprimarea comportării prin valorile rapoartelor stabilite între valorile modulilor de rigiditate corespunzător biturilor îmbătrânite și aceea a biturilor inițiale. Din curbele de variație ale acestor rapoarte în funcție de temperatură, înscrise în fig. IV.3.49. reiese că pentru condiții similare de solicitare, bitumurile manifestă întotdeauna aceeași tendință de comportare între ele deoarece curbele păstrează poziții similare unele față de altele



Fig. 13. 67. 68. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE (68) AL BITUMENELOR ESTRASE DIN CANTOIA GRAMA UN AN, CU DURATA DE ACTIONARE A SARCIII (C) SI CU TEMPERATURA (T)



ndiferent de valoarea duratei de solicitare.

Caracterul de variație comun al comportării bitumurilor îmbătrânite față de cel al bitumurilor inițiale rezultă de asemenea și din exprimarea comportării bitumurilor pe baza curbelor reduse. Din fig. IV.3.54. și IV.3.55. reiese că sub efectul umulat al solicitărilor - temperatură și durată de acționare a arcinii - bitumurile îmbătrânite, după procesul de fabricație și respectiv după un an de exploatare a sectoarelor experimentale, se diferențiază în comportarea lor, dar păstrează în linii generale aceeași ordine de variație a stării de consistență comună biturilor inițiale (fig. III.3.7.);

- comportarea bitumurilor evidențiază prin modificarea caracteristicilor reologice sub solicitări similare, susceptibilitatea la îmbătrânire diferită dintre ele.

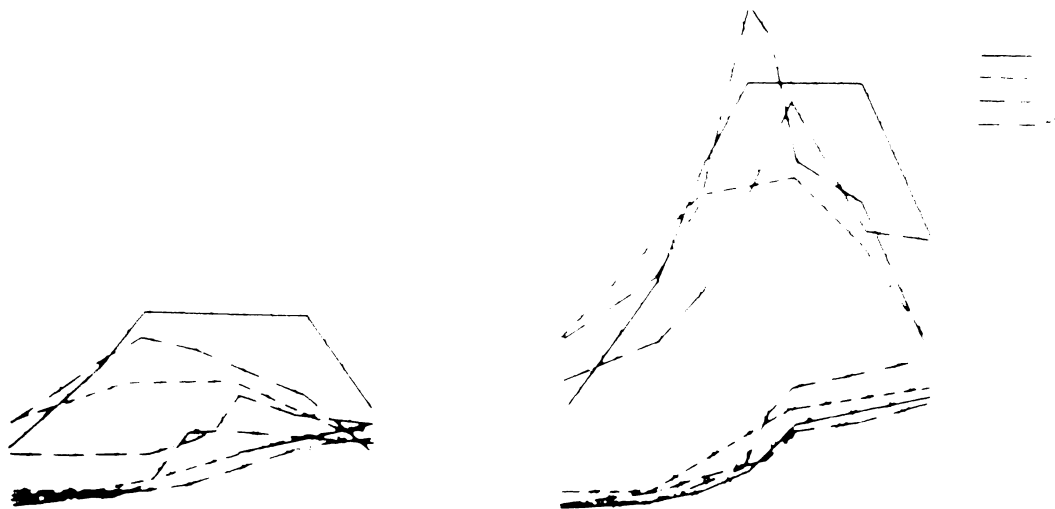
Dependența gradului de modificare al comportării de tarea structurală după îmbătrânire caracterizează bitumurile astfel:

. bitumul parafinos ca fiind mai susceptibil la îmbătrânire decât cele neparafinoase, întrucât raportul de rigidizare al acestor bitumuri față de bitumurile inițiale, pentru orice condiție de solicitare, indiferent de gradul de îmbătrânire este comparativ totdeauna mai mare. Această observație este susținută prin datele pe care le-am înscris în fig. IV.3.49. pentru apoartele modulelor de rigiditate ale bitumurilor conținute de ixturi și carote, față de cele ale bitumurilor inițiale, care înregistrează pentru ambele etape de îmbătrânire valori mai mari în cazul bitumului parafinos.

Deși modificările apar mai importante, rezultatele cercetării relevă totuși din comportarea bitumului parafinos că acesta își menține, indiferent de gradul de îmbătrânire, o comportare care este caracteristică unei structuri mai sol comparativ celorlalte, ceea ce denotă că deși el a apărut mai susceptibil la îmbătrânire, față de condițiile testărilor la care au fost supuse în cadrul tezei, nu au suferit modificări excesive care să-i modifice substanțial raportul structural față de bitumurile neparafinoase;

. în ceea ce privește bitumurile neparafinoase, valorile viscozității, ale modulului de rigiditate și ale rapoartelor

**Fig. IV. 3 49. VARIATIA RIGIDITATI BITUMURILOR IMBATRANITE IN RAPORT CU CELE INITIALE, IN FUNCTIE DE TEMPERATURA**



dintre moduli, pentru oricare condiție de solicitare aplicată, arată că dintre ele bitumul fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești este mai rezistent la îmbătrânire, înregistrând grade de durificare, comparativ celorlalte, mai reduse. Comportarea biturilor fabricate de rafinăriile Crișana și Vega le caracterizează ca fiind mai susceptibile la îmbătrânire decât cel fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești, dar mai rezistente decât cel fabricat de rafinăria Teleajen;

- modificarea rețelei coloidale către structuri mai gel influențează proprietățile de curgere ale biturilor prin atenuarea tendinței de trecere dintr-o stare de structură în alta sub influența solicitărilor.

Calculând susceptibilitatea termică pentru fiecare bitum, în fiecare fază de îmbătrânire, am stabilit că deși comportarea devine mai puțin influențată de temperatură ea păstrează caracteristic, comportarea biturilor inițiale. Astfel:

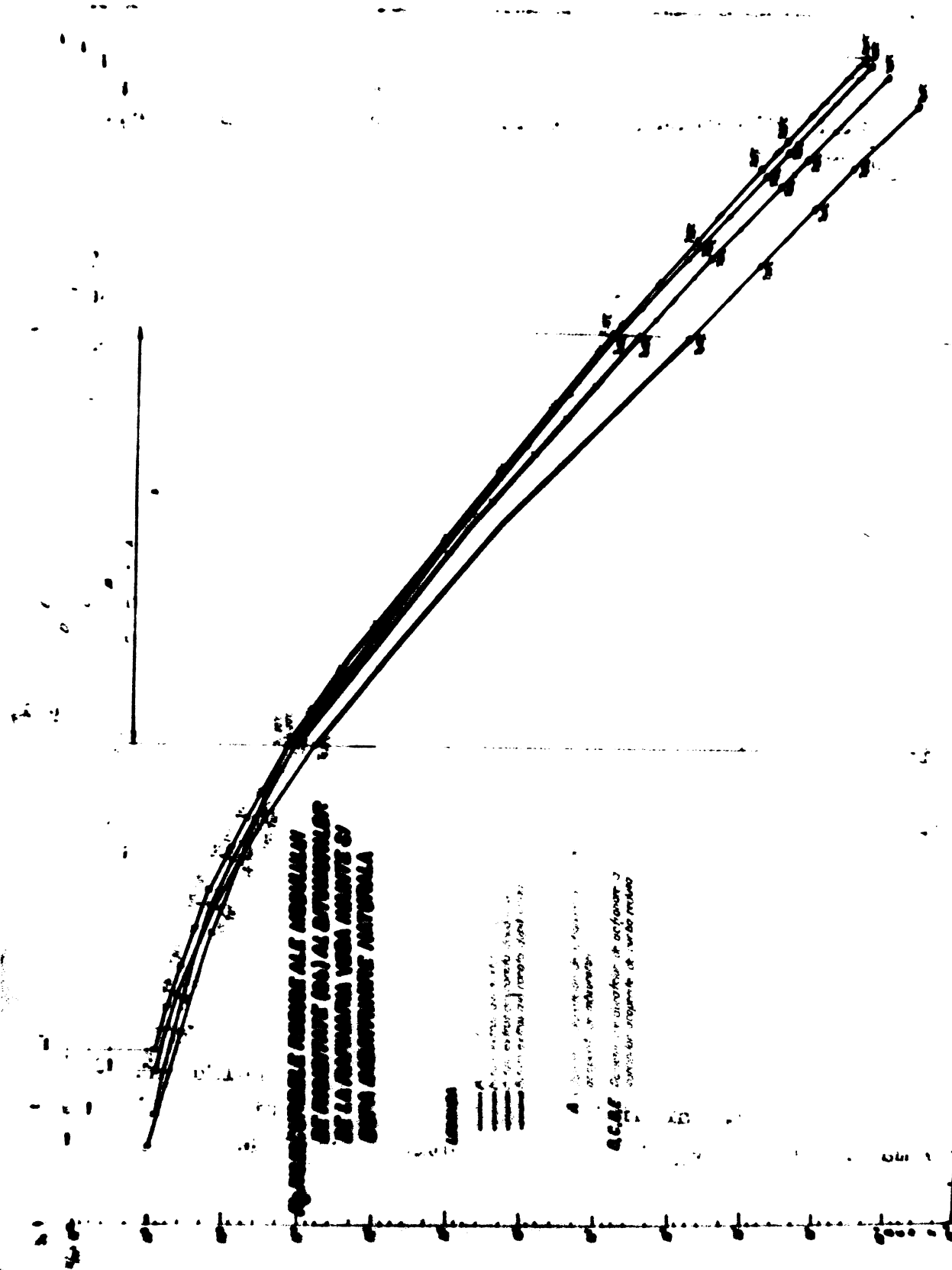
. din datele înscrise în tabelul IV.3.12. obținute pe baza determinării susceptibilității termice din vâscozitate, am stabilit că pe măsura îmbătrânirii susceptibilitatea termică a biturilor scade și că în domeniul temperaturilor de la 10°C la 60°C, pe intervale mai reduse, (10-20°C; 20-30°C și 50-60°C) susceptibilitatea termică a bitumului parafinos rămîne mai mare întotdeauna decât a biturilor neparafinoase, indiferent de etapa de îmbătrânire, iar dintre acestea cea mai redusă susceptibilitate termică este atestată de bitumul fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești;

Susceptibilitatea termică a biturilor  
îmbătrânite, calculată pe baza determi-  
nărilor de vîscozitate

Tabelul IV.3.12.

Domeniul de temperatură/ etapa de îmbătrânire	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
1	2	3	4	5
<b>(10-20)°C:</b>				
- bitum inițial	0,100	0,100	0,100	0,103
- bitum extras din mixtură	0,087	0,082	0,084	0,089
- bitum extras din carota după 1 an	0,078	0,074	0,076	0,084

.. // ..



**LA PUNTA DE LA BARRERA**

**L. C. B. F.**

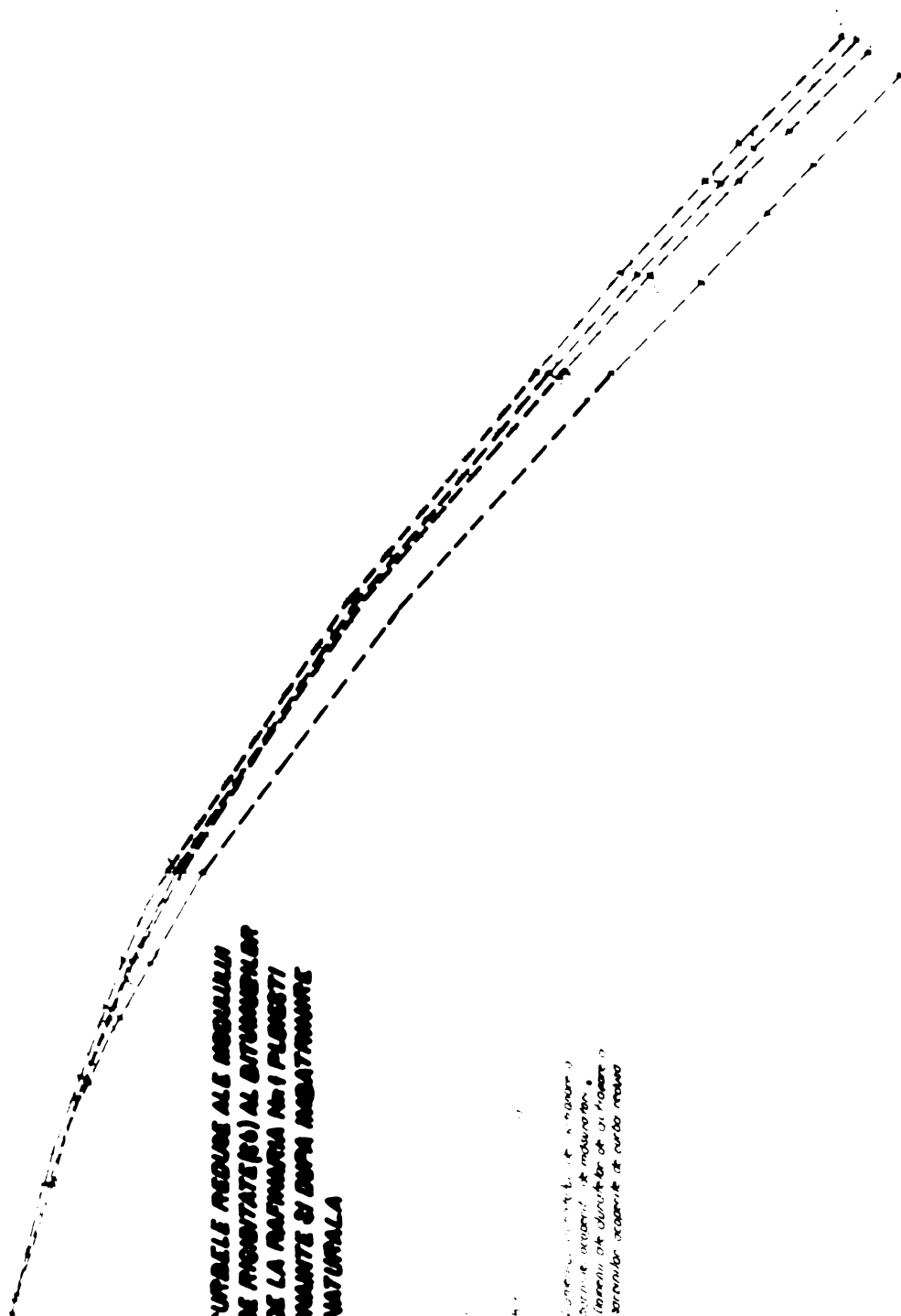
**L. C. B. F.** (with a note about diameter and length)

**L. C. B. F.** (with a note about diameter and length)

	1	2	3	4	5
<b>20-30)°C:</b>					
bitum inițial		0,122	0,106	0,119	0,149
bitum extras din mixtură		0,115	0,100	0,106	0,138
bitum extras din carotă după 1 an		0,100	0,098	0,099	0,130
<b>50-60)°C:</b>					
bitum inițial		0,067	0,063	0,065	0,070
bitum extras din mixtură		0,062	0,061	0,061	0,066
bitum extras din carotă după 1 an		0,059	0,57	0,058	0,060

. din valorile susceptibilității termice exprimată pe baza modulilor de rigiditate, față de intervalul de temperatură pe la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  și durate de solicitare reduse ( $3 \cdot 10^{-2}$  sec) și prelungite ( $1 \cdot 10^4$  sec) - fig. IV.3.56. - am mai stabilit că dependența de temperatură a consistenței biturilor îmbătrânite menține între ele aceleași caracteristici comune biturilor inițiale și atunci când se modifică durata de solicitare;

. prin exprimarea rezultatelor variației consistenței, în diagramele de reprezentare construite pentru biturile îmbătrânite pe rafinării, comparativ biturilor inițiale în fig. IV.3.57. - IV.3.60. și pentru fiecare bitum pe etape de îmbătrânire în fig. IV.3.61. - IV.3.63., am evidențiat că și în condițiile determinării susceptibilității termice globale comportarea biturilor se verifică a fi aceeași. Valorile susceptibilității termice calculate din panta dreptelor înscrise în diagrama de reprezentare și prezentate în tabelul IV.3.13. înregistrează aceleași tendințe de modificare a consistenței, mai mari în cazul bitumului parafinos și mai reduse în cazul celor neparafinoase, indiferent de etapa de îmbătrânire, iar dintre acestea, că susceptibilitățile termice mai reduse sînt înregistrate pentru bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești.



**Fig. 131. CURBELE REGULI ALE MODULULUI DE RIGIDITATE (B) AL SISTEMELOR DE LA RAFTURIA NR 1 PLOESTI ANUNTE SI DUPA REBATERARE NATURALA**

A - ...  
 B.C.D.C. - ...  
 ...

Susceptibilitatea termică a biturilor  
îmbătrânite comparativ celor inițiale,  
determinată pe baza diagramelor de re-  
prezentare

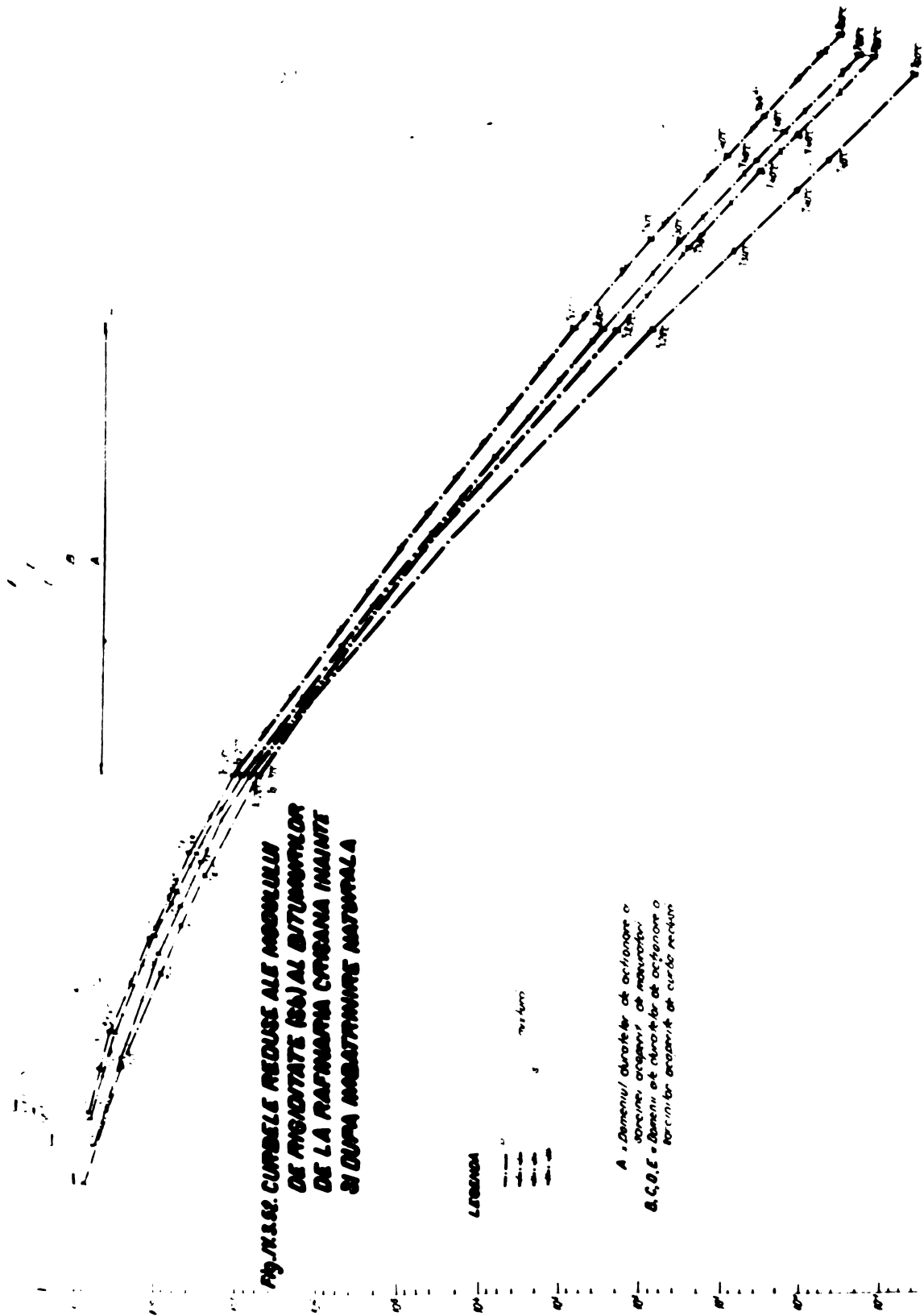
Taboul IV.3.13.

Etapa de îmbătrânire	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
<u>susceptibilitatea termică determinată în intervalul de temperatură de la punctul de rupere Fraass la punctul de înmuiere IB</u>				
bitum inițial	0,040	0,036	0,039	0,046
bitum extras din mixtură	0,037	0,034	0,036	0,043
bitum carotă 1 lună	0,037	0,034	0,036	0,043
bitum carotă 1 an	0,036	0,033	0,035	0,042
<u>susceptibilitatea termică determinată în intervalul de temperatură de la T<sub>IB</sub> la 135°C</u>				
- bitum inițial	0,039	0,038	0,040	0,041
- bitum extras din mixtură	0,038	0,037	0,039	0,040
- bitum carotă 1 lună	0,038	0,037	0,039	0,040
- bitum carotă 1 an	0,038	0,037	0,039	0,040

Față de condițiile largi de investigare aplicate în cercetarea biturilor îmbătrânite din punct de vedere al comportării reologice, similare biturilor inițiale, examinarea rezultatelor mi-a permis în final să trag următoarele concluzii:

- modificările de compoziție și structură suferite de bitumuri prin îmbătrânire naturală se oglindesc în modificările de consistență care manifestă față de condițiile de solicitare variabile, rezistențe crescute la curgere. Comportarea este specifică gradului de transformare și în fiecare caz, caracteristică provenienței bitumului. Astfel, bitumurile neparafinoase rezultă ca fiind mai rezistente la îmbătrânire decât cel parafinos, iar dintre bitumurile neparafinoase cel mai puțin susceptibil la îmbătrânire ca fiind bitumul fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești, în timp ce bitumurile de la rafinăriile Crișana și Vega se situează





**Fig. 11.82. CURBELE REDUSE ALE MODULULUI DE RIGIDITATE (S) AL BITUMENILOR DE LA RAFINAREA CRASA INAINTE SI DUPA IMBATAVINIRE NATURALA**

**LEGENA**

- A
- - - B
- · · C
- D
- - - E
- · · F

A - Denumiri: durata de actiune a  
 uncinii, organii, de masuratori  
 B, C, D, E - Denumiri: et de actiune a  
 duritatii de curbe actiun

o comportare apropiată între ele și intermediară celor de la rafinăriile nr. 1 Ploiești și Teleajen;

- exprimată prin oricare dintre metodele adoptate, susceptibilitatea termică de asemenea mi-a permis să caracterizez bitumurile îmbătrânite ca mai puțin sensibile față de temperatură și că influența compoziției se menține indiferent de etapa de îmbătrânire, întrucât determină structuri mai susceptibile la modificări sub solicitări în cazul bitumului parafinos și mai stabile în cazul celor neparafinoase; cel mai rezistent față de temperatură menținându-se tot cel fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești.

### 3.3. Caracteristicile biturilor extrase din carotele prelevate de pe autostrada București - Pitești

Cercetările privind comportarea biturilor românești la îmbătrânire naturală față de condițiile curente de exploatare a drumurilor asfaltate, pentru perioade mai îndelungate de un an și au fost urmărite sectoarele experimentale în cadrul tezei, pe-am efectuat pe baza investigațiilor pe care le-am făcut asupra biturilor conținute de mixturile asfaltice ale îmbrăcămintei de pe autostrada București - Pitești, corespunzătoare unor sectoare cu comportare bună și degradate.

Aspectul sectoarelor în punctele de prelevare ale carotelor este prezentat în fig. IV.3.65.

Biturile pentru cercetare le-am extras cu benzen din mixturi, iar caracteristicile le-am stabilit prin determinarea principalelor caracteristici de compoziție, structură și comportare.

Rezultatele obținute sînt înscrise în tabelul IV.3.14. (anexa IV, pag. 16). Examinarea lor mi-a permis să evidențiez că biturile se diferențiază între ele în funcție de poziția kilometrică de prelevare a carotelor, respectiv în funcție de comportarea și starea suprafeței îmbrăcămintei. Astfel:

- biturile corespunzătoare sectoarelor de drum degradate - km 21+950; 31+000 și 35+030 - se caracterizează printr-un grad de durificare ridicat întrucît:

. compoziția, determinată pe baza fracționării biturilor în grupe de componente asemănătoare, arată un conținut ridicat în asfaltene (pînă la 46 %) și mai redus în rășini (maxim 16 %);

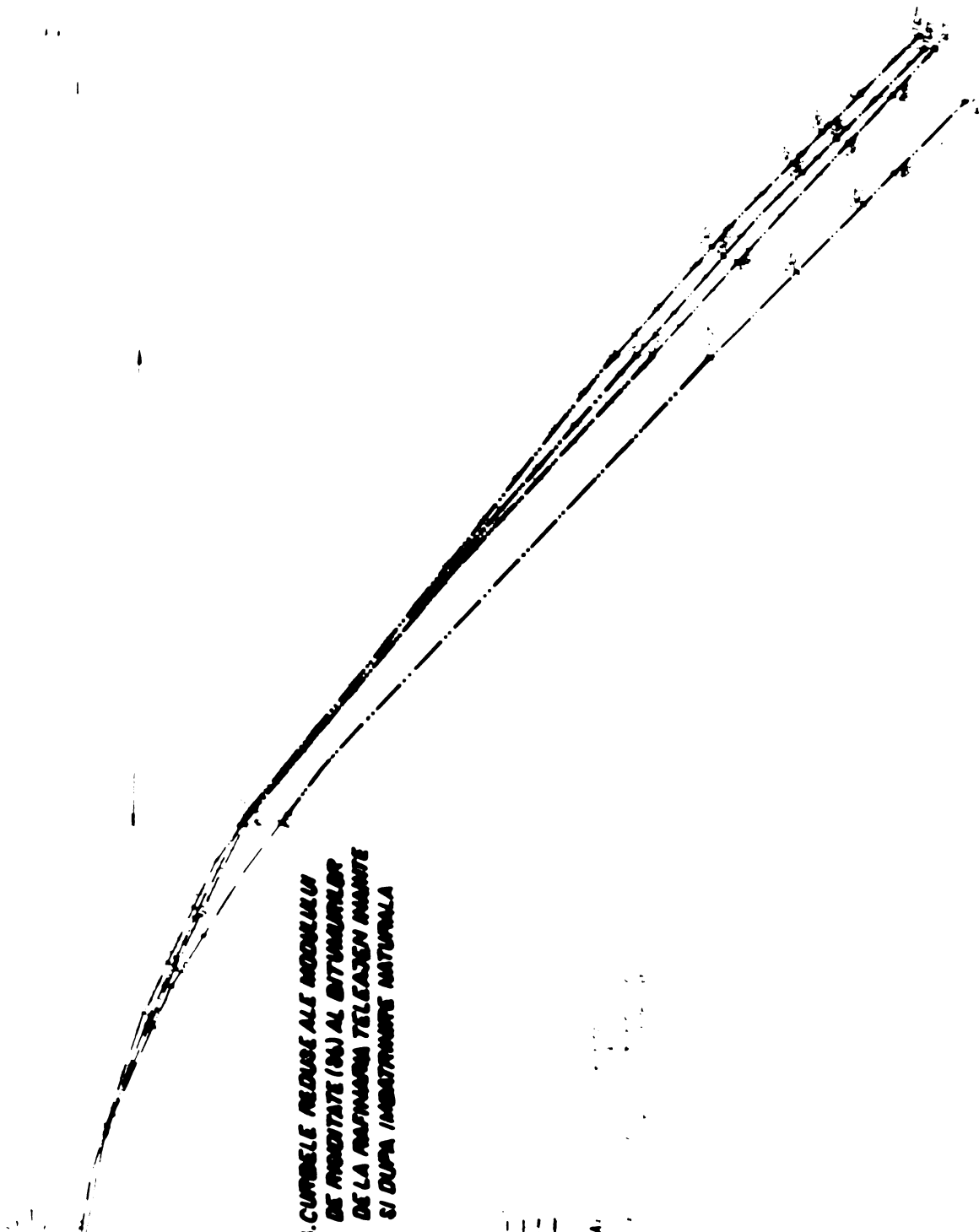


Fig. N.3.8. CURBELE REDUSE ALE MODULULUI  
DE AMPLITUDE (M) AL CURELOR  
DE LA RAZMUNA TELESJEN MARETE  
SI DUPA IMBOSTINIRE NATURALA

—

—

—

—

A.

B.C.D.E.

. din punct de vedere al structurii, indicii de caracterizare structurală determinați din compoziție dovedesc un stadiu de transformare avansat cu puternice legături între micole. Indicele de penetrație confirmă o structură cu caracteristici mai evidente de gel, valorile fiind mai mari de +2;

. caracteristicile de comportare pun în evidență modificări importante de consistență:

.. punctul de înmuiere IB ridicat, depășește  $75^{\circ}\text{C}$ ;

.. penetrația la  $25^{\circ}\text{C}$  este redusă, valorile coborînd pînă la 25  $\frac{1}{10}$  mm;

.. punctul de rupere Fraass atestă o valoare ridicată urcînd pînă la  $-6^{\circ}\text{C}$ ;

.. ductilitatea la  $25^{\circ}\text{C}$  atinge cel mult 3,8 cm;

.. comportarea reologică dovedește o rigidizare pronunțată, întrucît consistența biturilor este mai ridicată, iar alura curbelor de curgere (fig. IV.3.65.) determinată la diferite temperaturi arată modificări de stare mai lente în trecerea biturilor de la comportarea predominant elastică la comportarea viscoasă. Datele din tabelul IV.3.15. stabilesc prin valorile de vîscozitate,  $\eta$ , și modul de rigiditate,  $S_b$ , că dintre cele trei bitumuri, bitumul corespunzător carotei prelevate de la km 33+030 este cel mai durificat, iar cel corespunzător carotei 31+000 cel mai puțin durificat, ca urmare faptului că pentru condiții similare de încercare valorile acestor parametri în primul caz sînt cele mai ridicate, iar în al doilea caz, cele mai mici. În mod similar pragul de tensiune stabilit pentru valoarea de  $0,15 \text{ sec}^{-1}$  a gradientului vitezei de forfecare, din curbele de curgere, arată pentru fiecare dintre temperaturile luate în considerare o rezistență la curgere ridicată. (fig. IV.3.64).

Determinările de vîscozitate au relevat că toate aceste bitumuri intră în curgere newtoniană la temperaturi mai mari de  $110^{\circ}\text{C}$ ;

.. întrucît biturile sînt durificate, ele sînt și mai puțin sensibile la variații de temperatură, așa cum rezultă din datele înscrise în tabelul IV.3.15. pentru susceptibilitatea termică dedusă din panta dreptelor înscrise în diagrama de reprezentare a biturilor (fig. IV.3.65.);

.. // ..

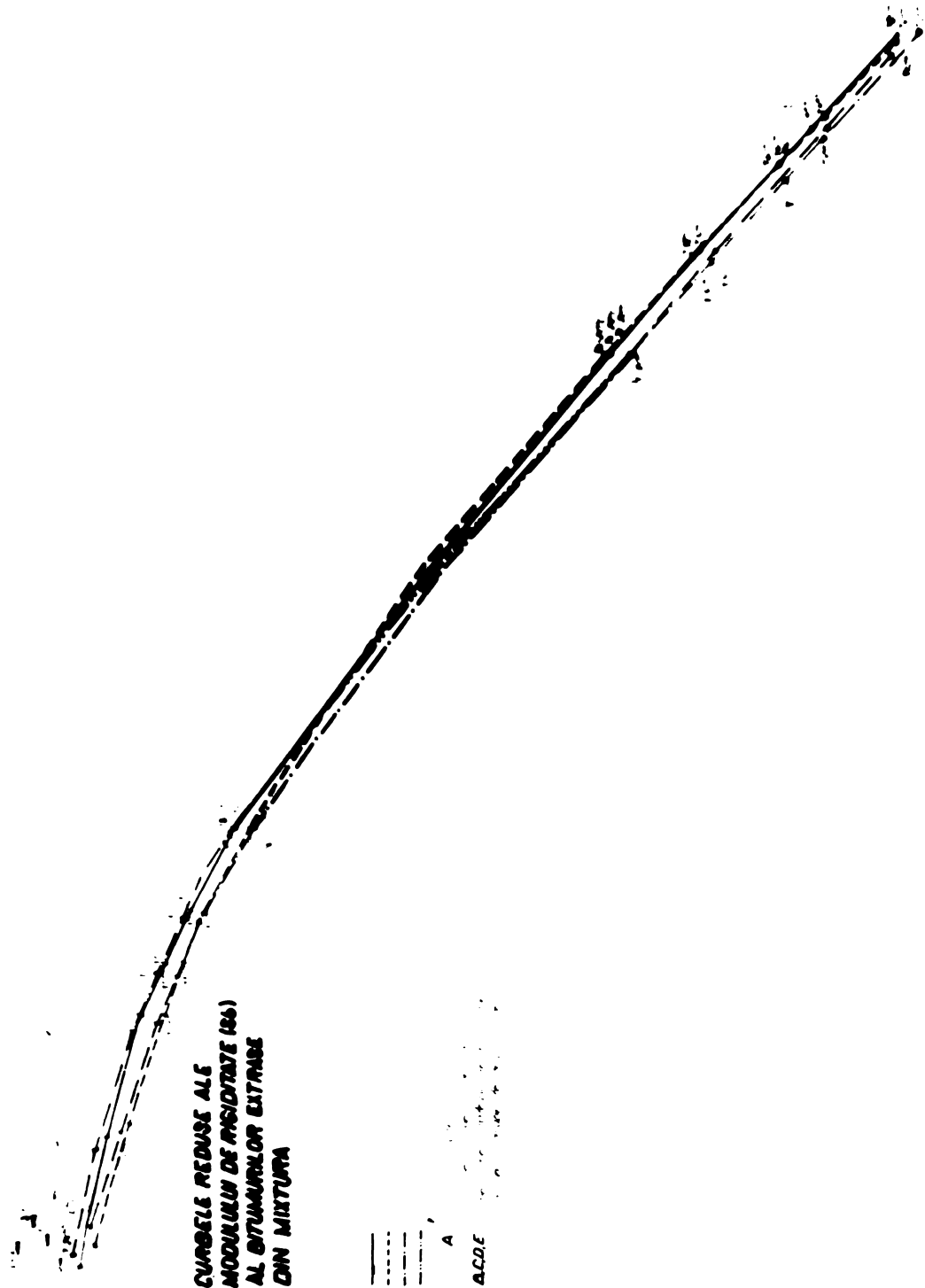


Fig. 12.3. CUMBERELE REDUSE ALE  
 MODULULUI DE INCIDENȚĂ (100)  
 AL ȘTAMPIILOR EXTRASE  
 DIN MIXTURA

—  
 - - -  
 ·····

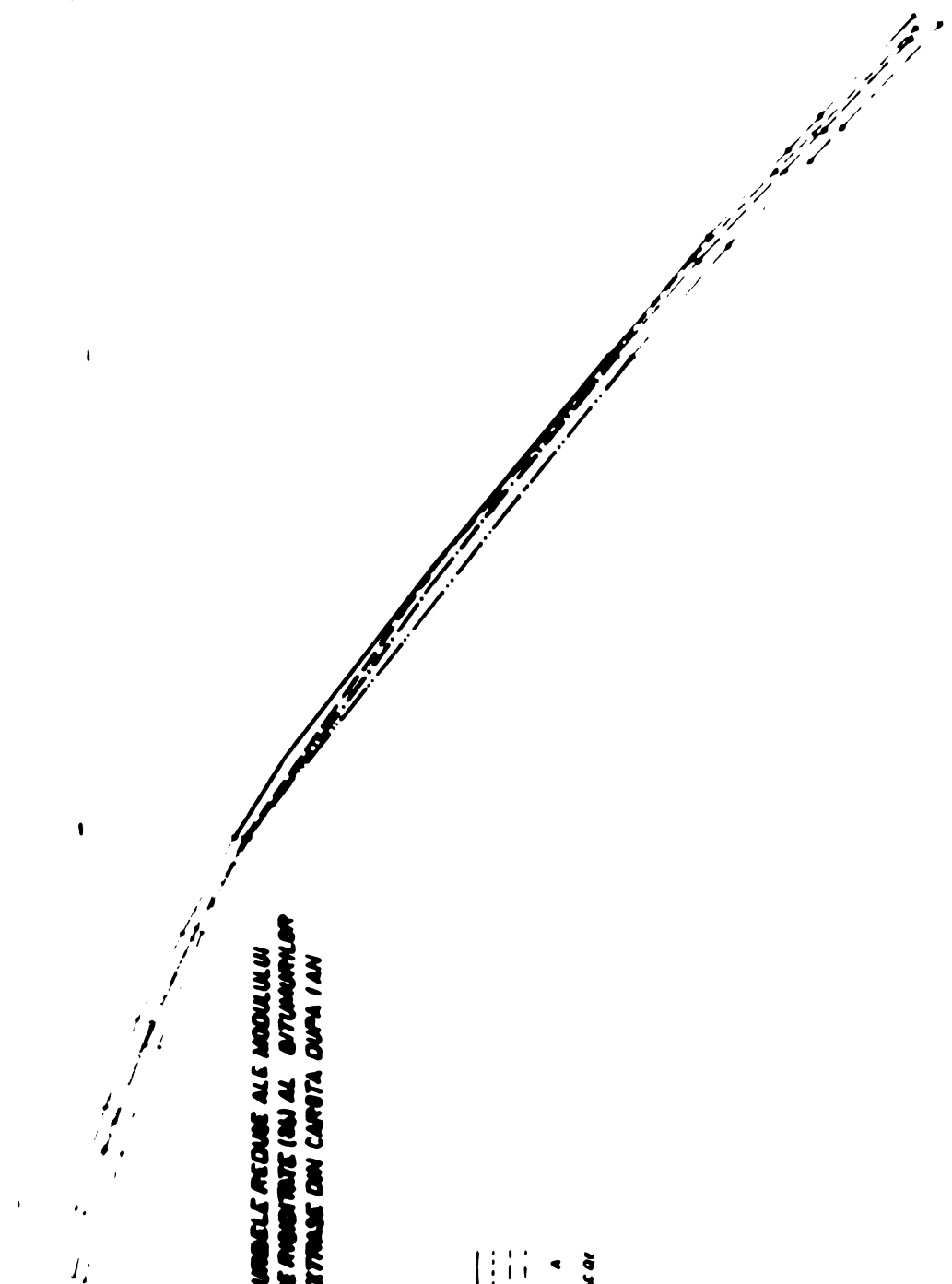
A

ACDE

Caracteristicile reologice ale bitumurilor extrase din mixtura îmbrăcămintei de pe autostrada București - Pitești

Tabelul IV.3.15.

Bitum extras din carota prelevată de la Km:					
	21+900	31+950	31+000	31+200	33+030
<u>Viscozitate dinamică, <math>\eta</math>, (cP) pentru <math>\dot{\epsilon} = 1,47 \cdot 10^7 \text{ dyn/cm}^2</math></u>					
- la 10°C	5,1.10 <sup>10</sup>	5,7.10 <sup>11</sup>	1,0.10 <sup>11</sup>	7,8.10 <sup>9</sup>	1,5.10 <sup>12</sup>
- la 20°C	2,1.10 <sup>9</sup>	2,6.10 <sup>11</sup>	1,3.10 <sup>11</sup>	3,4.10 <sup>8</sup>	3,2.10 <sup>11</sup>
<u>Viscozitate dinamică, <math>\eta</math>, (cP) pentru <math>\dot{\epsilon} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ dyn/cm}^2</math></u>					
- la 90°C	1,4.10 <sup>5</sup>	6,8.10 <sup>5</sup>	5,0.10 <sup>5</sup>	7,2.10 <sup>3</sup>	1,8.10 <sup>6</sup>
- la 110°C	9,8.10 <sup>3</sup>	4,2.10 <sup>4</sup>	3,0.10 <sup>4</sup>	1,4.10 <sup>3</sup>	1,0.10 <sup>5</sup>
- la 135°C	8,4.10 <sup>2</sup>	3,7.10 <sup>3</sup>	3,0.10 <sup>3</sup>	4,5.10 <sup>2</sup>	8,4.10 <sup>3</sup>
<u>Praful de efort, <math>\dot{\epsilon}</math>, pentru <math>D_r = 0,15 \text{ sec}^{-1}</math></u>					
- la 70°C	4,8.10 <sup>3</sup>	-	-	1,0.10 <sup>2</sup>	-
- la 90°C	2,4.10 <sup>2</sup>	1,3.10 <sup>3</sup>	1,0.10 <sup>3</sup>	intră în	1,6.10 <sup>3</sup>
- la 110°C	intră în curgere	9,5.10 <sup>1</sup>	6,7.10 <sup>1</sup>	curgere	2,7.10 <sup>2</sup>
<u>Modul de rigiditate <math>S_b</math>, (N/m<sup>2</sup>), pentru <math>t = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ sec}</math></u>					
- la 20°C	3,0.10 <sup>7</sup>	4,1.10 <sup>7</sup>	3,2.10 <sup>7</sup>	1,8.10 <sup>7</sup>	5,0.10 <sup>7</sup>
- la 60°C	1,4.10 <sup>5</sup>	4,3.10 <sup>5</sup>	3,2.10 <sup>5</sup>	4,0.10 <sup>4</sup>	6,5.10 <sup>5</sup>
<u>Modul de rigiditate, <math>S_b</math>, (N/m<sup>2</sup>), pentru <math>t = 1,0 \cdot 10^4 \text{ sec}</math></u>					
- la 20°C	6,0.10 <sup>3</sup>	5,2.10 <sup>4</sup>	3,0.10 <sup>4</sup>	5,5.10 <sup>2</sup>	1,4.10 <sup>5</sup>
- la 60°C	1,3.10 <sup>0</sup>	1,5.10 <sup>1</sup>	1,0.10 <sup>1</sup>	1,1.10 <sup>0</sup>	3,0.10 <sup>1</sup>
<u>Susceptibilitatea termică de la punctul de rupere Fraass la punctul de înmuiere, IB</u>					
a'	0,033	0,029	0,030	0,040	0,028
<u>Susceptibilitatea termică de la punctul de înmuiere, IB, la 135°C</u>					
a''	0,044	0,045	0,045	0,043	0,045



**CURBALE REDUCE ALE MODULULUI  
DE RIGIDITATE (E) AL CĂMINĂRII  
CĂMINĂRII DIN CAPOTA CUPA / AN**

— A —  
asc. or

- bitumurile corespunzătoare sectoarelor de drum nedegradate de la km 21+900 și km 31+200 se caracterizează printr-un grad de durificare mai redus decât precedentele întrucât:

- . analiza compoziției pe grupe de componente nu evidențiază un conținut deosebit de ridicat în asfaltene;

- . starea structurală este mai puțin afectată deoarece coeficientul de dispersie, raportul rășini/asfaltene și indicelui de penetrație relevă structuri mai apropiate de ale bitumurilor neelucrate;

- . comportarea pune în evidență:

- .. o creștere mai moderată a punctului de înmuiere care atinge valoarea de maxim 66°C;

- .. o scădere a penetrației la 25°C încă nepericuloasă, valorile coborînd pînă la maxim 32 1/10 mm;

- .. o creștere a punctului de rupere în limite reduse, valoarea maximă fiind de -15°C;

- .. o ductilitate la 25°C de minim 40 cm;

- .. o dependență mai mare a stării de consistență valoarea solicitărilor așa cum rezultă din curbele de curgere descrise în fig. IV.3.65.

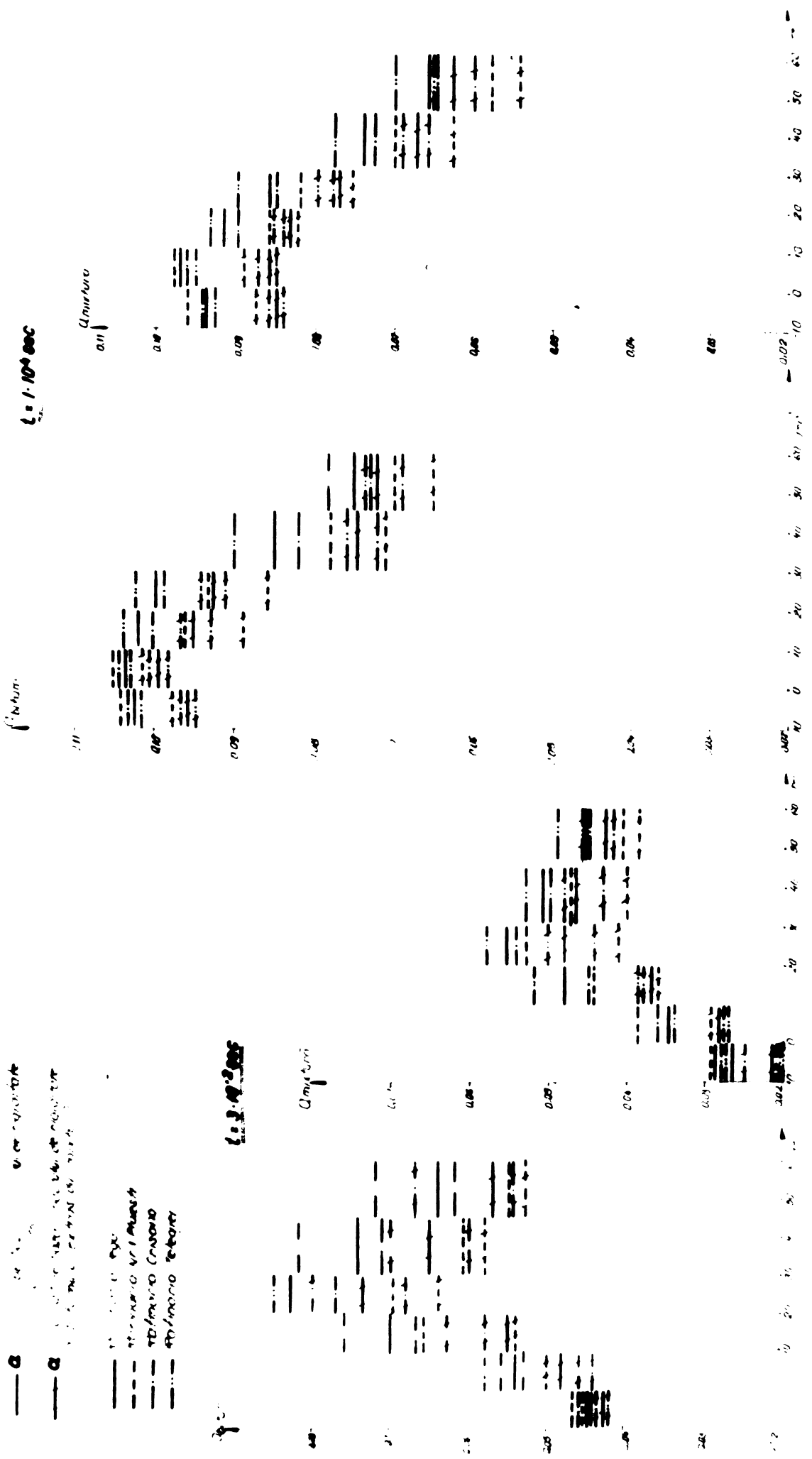
Gradul de rigidizare mai redus este evidențiat și de valoarea pragului de tensiune care este mai scăzut comparativ biturilor din sectoarele degradate, precum și de susceptibilitatea termică care înregistrează valori mai ridicate așa cum arată datele prezentate în tabelul IV.3.15;

- . caracteristicile bitumurilor corespunzătoare carotelor de la km 21+900 și km 31+200 relevă grade de durificare diferite între ele evidențind în primul caz o rigidizare mai pronunțată comparativ celui de al doilea. Examinarea rezultatelor i-au permis să apreciez că:

- .. bitumul corespunzător carotei de la km 31+200 pe parcursul celor șase ani de exploatare a îmbrăcămintei a suferit un proces de îmbătrînire mai moderat și care în comparație cu cercetările efectuate în cadrul experimentărilor la teză se apropie de gradul de îmbătrînire suferit de bitumul din îmbrăcămintea sectoarelor experimentale lăsată sub circulație timp de un an;

- .. bitumul corespunzător carotei de la km 21+900 prezintă un grad de îmbătrînire mai accentuat decât precedentul fără





**Fig. 3.56. SUCCESULTEA TERMIKA (O) CALCULATA PE BAZA VALORILOR MODULULUI DE AMPLITUDE**

însă a manifesta o rigidizare mai înaintată, deoarece caracteristicile de comportare se mențin mai apropiate de ale acestui bitum decât de ale biturilor corespunzătoare sectoarelor degradate.

Față de aceste rezultate am tras concluzia că modul de comportare al îmbrăcăminților bituminoase sub circulație este dependent de gradul de îmbătrânire al bitumului conținut și că în condiții similare de exploatare starea drumului devine nesatisfăcătoare atunci când caracteristicile bitumului depășesc anumite limite. Prin studiul efectuat am stabilit valori care pot fi considerate reprezentative pentru faze periculoase de îmbătrânire. Ele pot constitui elemente de comparație în cercetări viitoare dat fiind că pînă în prezent nu au mai fost efectuate asemenea determinări.

Referitor la cauzele îmbătrînirii înaintate am apreciat că ele nu pot fi atribuite decât condițiilor de prelucrare - punere în operă sau condițiilor de exploatare.

Intrucît bitumul cu care s-au executat lucrările pe autostrada București - Pitești a provenit pentru întreg sectorul din aceeași sursă, iar în cazul cînd pozițiile kilometrice au fost apropiate, din același batal, originea bitumului consider că nu poate constitui un factor de risc. În același timp luînd în considerare faptul că pe sectoarele investigate condițiile de trafic și climă au fost aceleași, am tras concluzia că stadiul de rigidizare diferențiat atestat de biturile analizate, nu poate fi atribuit decât condițiilor de prelucrare al mixturilor asfaltice în instalația industrială. În acest sens, studii efectuate anterior mi-au arătat că o încălzire a biturilor în cantități mari în batal nu poate să producă o modificare importantă a caracteristicilor de compoziție și comportare ale acestora. Eliminînd astfel cauzele prezentate, am ajuns la concluzia că degradarea excesivă constatată la biturile corespunzătoare sectoarelor deteriorate de la km 33+030, 21+950 și 21+900 de pe autostrada București - Pitești nu poate fi datorată decât unei supraîncălziri a agregatelor minerale în procesul de fabricație al mixturilor asfaltice, unde temperatura ridicată acționează printr-un efect de transformare pregnant asupra peliculelor subțiri de bitum ce acoperă suprafața granulelor minerale.

**Fig. №.1.57** **DIAGRAMA DE REPRESENTARE A**  
**SITUĂRII DE LA RAZBOIUA VECHI**  
**FAZATE SI DUPA RECONSTRUCIE NATURALA**

#### 4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA SUSCEPTIBILITATEA LA ÎMBĂTRÎNIRE A BITURILOR FABRICATE DIN FETE- LURI ROMANEȘTI

Îmbătrînirea biturilor, cu o desfășurare lentă dar continuă și deosebit de complexă întrucât antrenează în egală măsură bitumul și factorii externi de influență, a reprezentat în cadrul tezei obiectivul cu ponderea cea mai importantă.

Fiind o problemă larg dezbătută și în atenția cercetătorilor de pretutindeni, ca urmare a efectelor dăunătoare pe care le exercită asupra viabilității drumurilor asfaltate degradarea bitului prin pierderea calităților liante, în cadrul lucrărilor la teză, am urmărit să stabilesc susceptibilitatea la îmbătrînire a fiecăruia dintre biturile cercetate pe baza unui vast și laborios program de cercetare, stabilind efectul îmbătrînirii în diferite etape de producere și sub diferite condiții de investigare.

În acest sens, obiectivul cercetării le-am desfășurat având în vedere:

- o fază de laborator prin mijloace de investigare convenționale de simulare a influențelor factorilor cu acțiune preponderantă în procesul de prelucrare al biturilor pe șantier și în exploatarea îmbrăcăminților bituminoase.

Pentru a evidenția într-o măsură mai apropiată de realitate acțiunea de degradare pe care o exercită agenții climaterici asupra biturilor, am elaborat o metodologie nouă de îmbătrînire bazându-mă pe condițiile de expunere oferite de o cameră climatică tip Feutron;

- condițiile de folosință curentă a biturilor la executarea îmbrăcămintei bituminoase, cu urmărirea gradului de transformare suferit în procesul de prelucrare al mixturilor asfaltice în instalații industriale, datorită acțiunii căldurii și după punerea în operă, datorită acțiunii cumulate a factorilor de climă și trafic.

Examinând un important material de cercetare - care pentru interpretarea comparativă a rezultatelor obținute a necesitat sistematizarea prin reprezentări grafice multiple - am urmărit să stabilesc evoluția fiecărui bitum și a modului în care transformările datorate îmbătrînirii influențează comportarea pentru ca

→ 4.1.2. **INDICADOR DE RESPONSABILIDAD A  
RESPONSABLES DE LA EMPRESA  
QUE PUEDEN HABER O HABER  
RESPONSABILIDAD ESPECIAL.**

tfel să trag concluzii asupra caracteristicilor lor calitative rezistență la îmbătrânire.

Din constatările făcute și din concluziile pe care -am dosprins în cadrul lucrării menționez succint următoarele aspecte importante:

- îmbătrânirea produce treptat transformarea bitumurilor care se evidențiază prin:

. modificări de compoziție, întrucât crește conținutul componentei grei și cu precădere cea de tipul asfaltenelor, în componenții acizi și în cei ce conțin grupări carbonil, pe seama compușilor mai ușori și mai reactivi conținuți de grupa hidrocarburilor aromatice și a rășinilor. Ca urmare acestor modificări de compoziție consistența biturilor crește;

. modificarea stării de structură; prin modificarea compoziției care afectează componentii ce alcătuiesc mediul de dispersie crește volumul miculelor. Drept urmare, structura rețelei coloidale se amplifică și biturile trec în stări de structură mai gel;

. creșterea rezistenței la curgere și reducerea susceptibilității termice determinate de noua structură formată, mai stabilă la acțiunea solicitărilor. Ca urmare, biturile devin mai rigidizate și ca atare mai puțin deformabile;

- susceptibilitatea la îmbătrânire este proprie fiecărui bitum. Urmărind caracteristicile bitumului în funcție de proveniența lui am stabilit că:

. biturile neparafinoase sînt mai rezistente la îmbătrânire comparativ celui parafinos deoarece modificările pe care le suferă în compoziție, structură și comportare sînt mai reduse și marcate de valori mai apropiate de cele ale caracteristicilor biturilor inițiale, pentru oricare dintre determinări;

. biturile neparafinoase între ele manifestă comportări mai apropiate, dar fiecare păstrează o tendință de îmbătrânire proprie provenienței sale. Rezultatele cercetării mi-au permis să evidențiez că bitumul fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești este mai rezistent la îmbătrânire deoarece modificările suferite, indiferent de condițiile de investigare sau etapa de îmbătrânire luată în considerare, sînt mai reduse comparativ celor înregistrate de biturile fabricate de rafinăriile Vega și Crișana. Intre

TABLE DES MATIÈRES ET RÉFÉRENCES  
DES ÉVALUÉS DE LA REPRODUCTION  
COURTES AMÉRIQUE ET DU DÉPARTEMENT  
NATIONAL

---

aceste două bitumuri diferențierile de comportare în general nu sînt semnificative, dar unele determinări marchează o comportare mai apropiată a bitumului de la rafinăria Crișana de cel de la rafinăria nr.1 Ploiești, iar a celui de la rafinăria Vega de a celui de la rafinăria Teleajen;

. bitumul parafinos rezultă ca mai puțin rezistent la îmbătrînire, comparativ celui neparafinos, deoarece:

.. transformările de compoziție înregistrează creșteri mai mari ale conținutului de asfaltene, componentilor acizi și grupărilor carbonil;

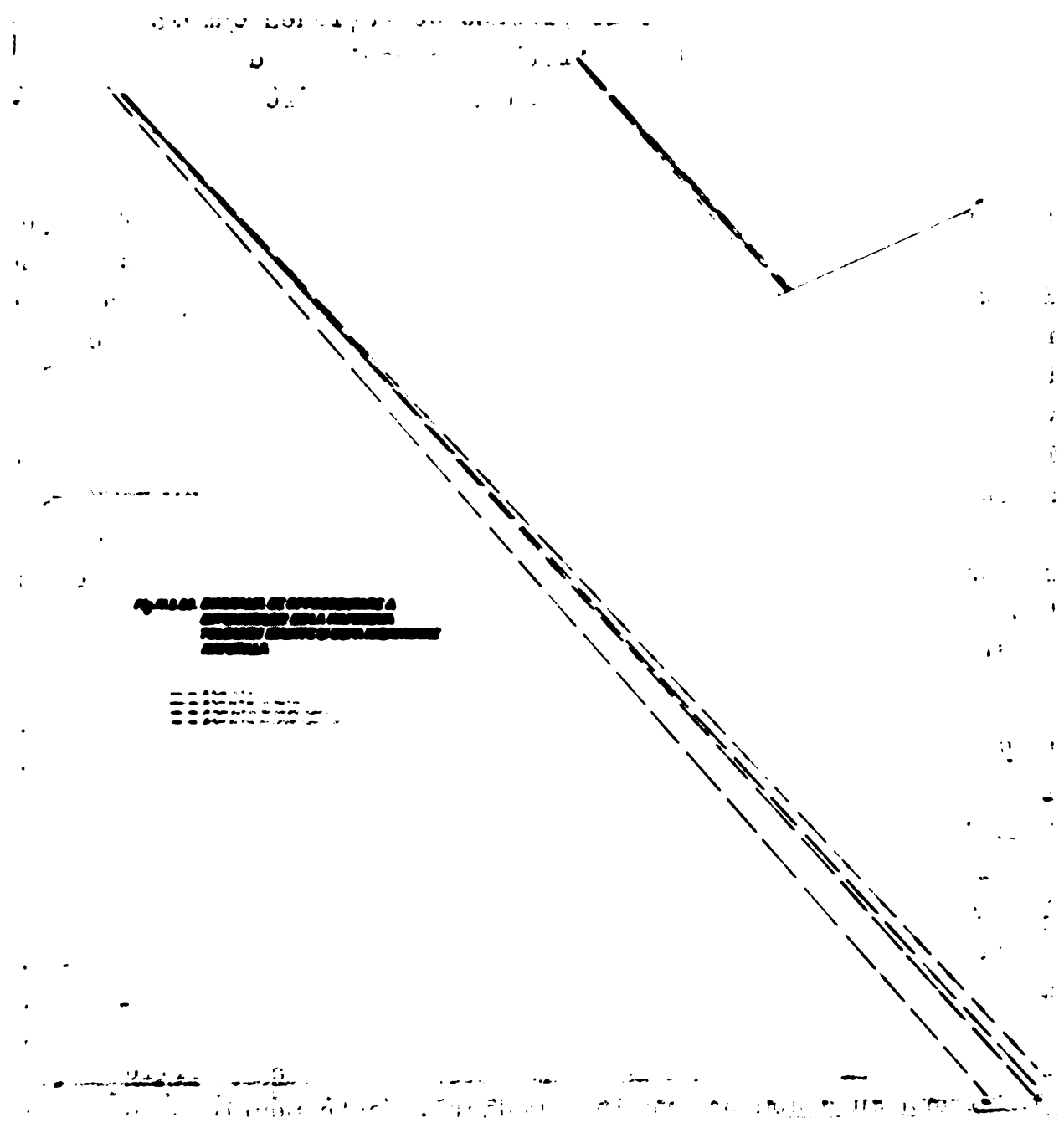
.. modificările structurale sînt mai pregnante; rezultatele cercetării arată însă că starea de structură, indiferent de stadiul de îmbătrînire investigat, se menține în continuare mai sol, ca și a bitumului inițial;

.. caracteristicile de comportare - specifice stării structurale a bitumului parafinos îmbătrînit, asociate unui conținut mai ridicat în parafină - relevă și după îmbătrînire, așa cum arătau și bitumurile inițiale, comparativ bitumurilor neparafinoase, o tendință mai mare de rigidizare, care se manifestă la solicitări de scurtă durată și temperaturi scăzute și o tendință mai pronunțată de deformare plastică la acțiunea sarcinilor de durată și temperaturi ridicate;

- acțiunile simulate în laborator și acțiunile reale exercitate de factorii de influență din procesul de prelucrare a mixturilor asfaltice și de exploatare a îmbrăcămintei bituminoase, determină asupra bitumurilor modificări, în general, de aceeași natură, dar amploarea lor este determinată de intensitatea factorilor de influență și de caracteristicile proprii ale bitumurilor;

. efectele cele mai pregnante de transformare sînt exercitate de căldură și ele sînt periculoase atunci cînd încălzirea este exoesivă. Rezultatele cercetărilor mi-au permis să relev că în procesul de fabricație al mixturilor asfaltice efectele sînt de intensitate redusă la prelucrarea bitumurilor în condițiile respectării prevederilor normelor în vigoare și că ele devin dăunătoare atunci cînd sînt excesive datorită unei supraîncălziri a agregatelor minerale, întrucît conduc la degradarea peliculelor subțiri de liant ce anrobează granulele minerale. În acest sens am apreciat îmbătrînirea avansată atestată de bitumurile corespunzătoare îmbrăcămintei degradate de pe autostrada București-Pitești





a căror origine a fost similară biturilor corespunzătoare sec-  
toarelor cu comportare bună ca și traficul și condițiile climate-  
rice;

. transformările produse de acțiunea cumulată a fac-  
torilor climaterici și trafic față de o perioadă de un an de ex-  
ploatare a unei îmbrăcămînți bituminoase, sînt reduse pentru ori-  
care dintre biturile cercetate în comparație cu transformările  
produse de acțiunea căldurii, dar marchează o comportare mai avan-  
tajoasă pentru biturile neparafinoase față de cele parafinoase;

. transformările suferite de bitumuri în procesul de  
îmbătrînire accelerată de laborator, sub acțiunea simulată a facto-  
rilor cu influență preponderentă în regimul climateric, se accen-  
tuează odată cu creșterea duratei de expunere, indiferent de pro-  
veniența bitumului, dar marchează aceeași rezistență mai mare la  
îmbătrînire a biturilor neparafinoase, comparativ celor parafi-  
noase.

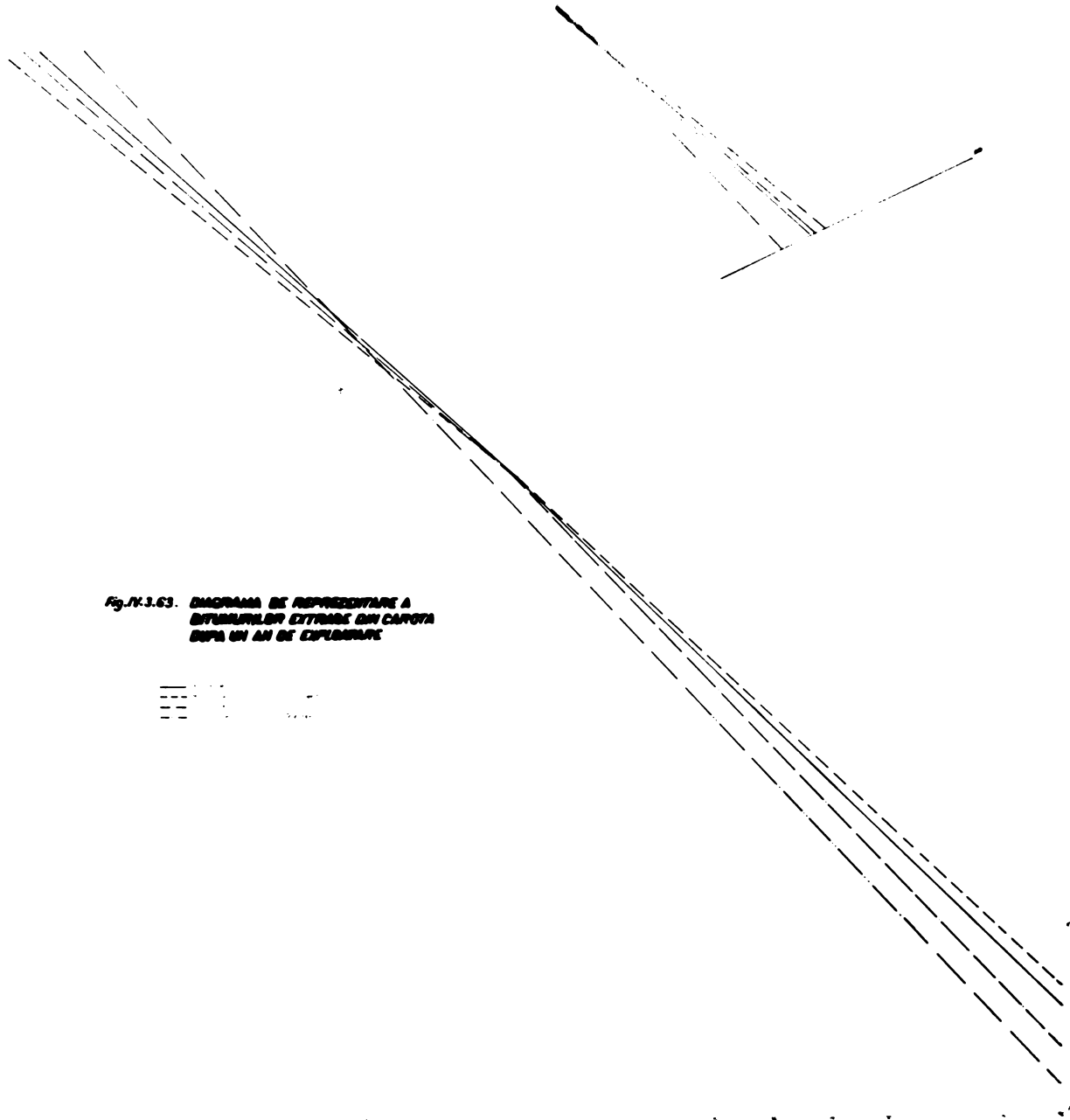
Din rezultatele cercetării am dedus că o expunere co-  
respunzătoare la 48 cicluri poate fi considerată acoperitoare pen-  
tru a caracteriza efectul de îmbătrînire al bitumului, produs de  
condițiile din exploatare timp de un an;

- gradul de îmbătrînire înregistrat de toate biturile  
în condițiile de investigație adoptate în lucrare, mi-au permis să  
apreciez că biturile românești sînt rezistente la îmbătrînire  
întrucît caracteristicile de comportare sub toate aspectele deter-  
minărilor efectuate - compoziție, structură și comportare față de  
condițiile cele mai variate de solicitare - nu relevă producerea  
de transformări importante comparativ biturilor inițiale. Deși  
între cele biturile manifestă tendințe diferite de îmbătrînire,  
cele de la rafinăria nr.1 Ploiești mai rezistente, cele de la rafi-  
năria Telceașen mai susceptibile și cele de la rafinăriile Vora  
și Crisana cu o comportare intermediară, toate mențin și după îm-  
bătrînire comportarea în domeniul visco-elastic și asigură în  
continuare limitele unui câmp de plasticitate ridicat.

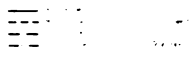
Pentru a asigura viabilitatea straturilor rutiere bitu-  
minoase în folosință sînt necesare condiții moderate de exploatare  
și o utilizare a biturilor în funcție de susceptibilitatea lor  
mai mare sau mai mică la transformare.

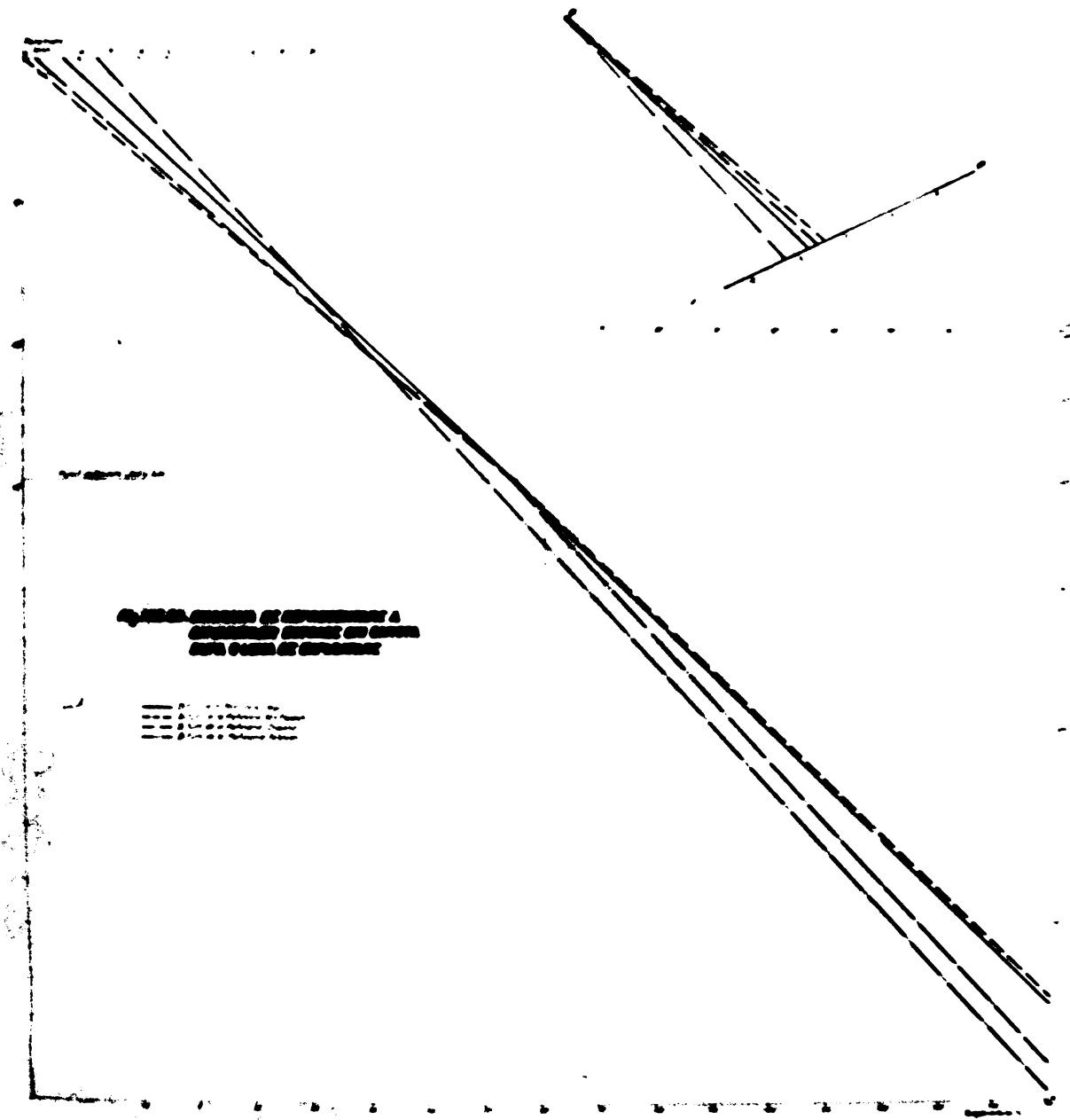
**Fig. 4.1.01. DIAGRAMA DE REPRESENTAÇÃO A  
SITUAÇÕES EXTREMAS EM  
MÉDIA DE LA FIBROIDE**

—  
—  
—

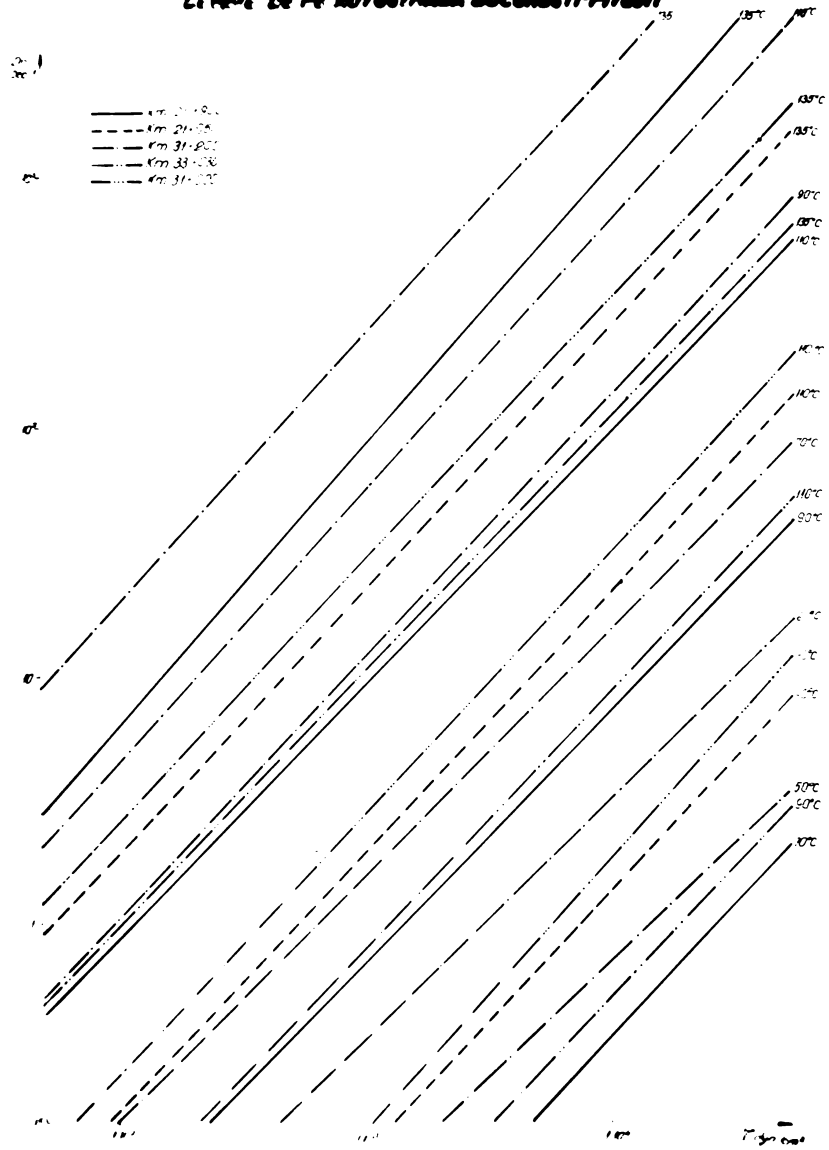


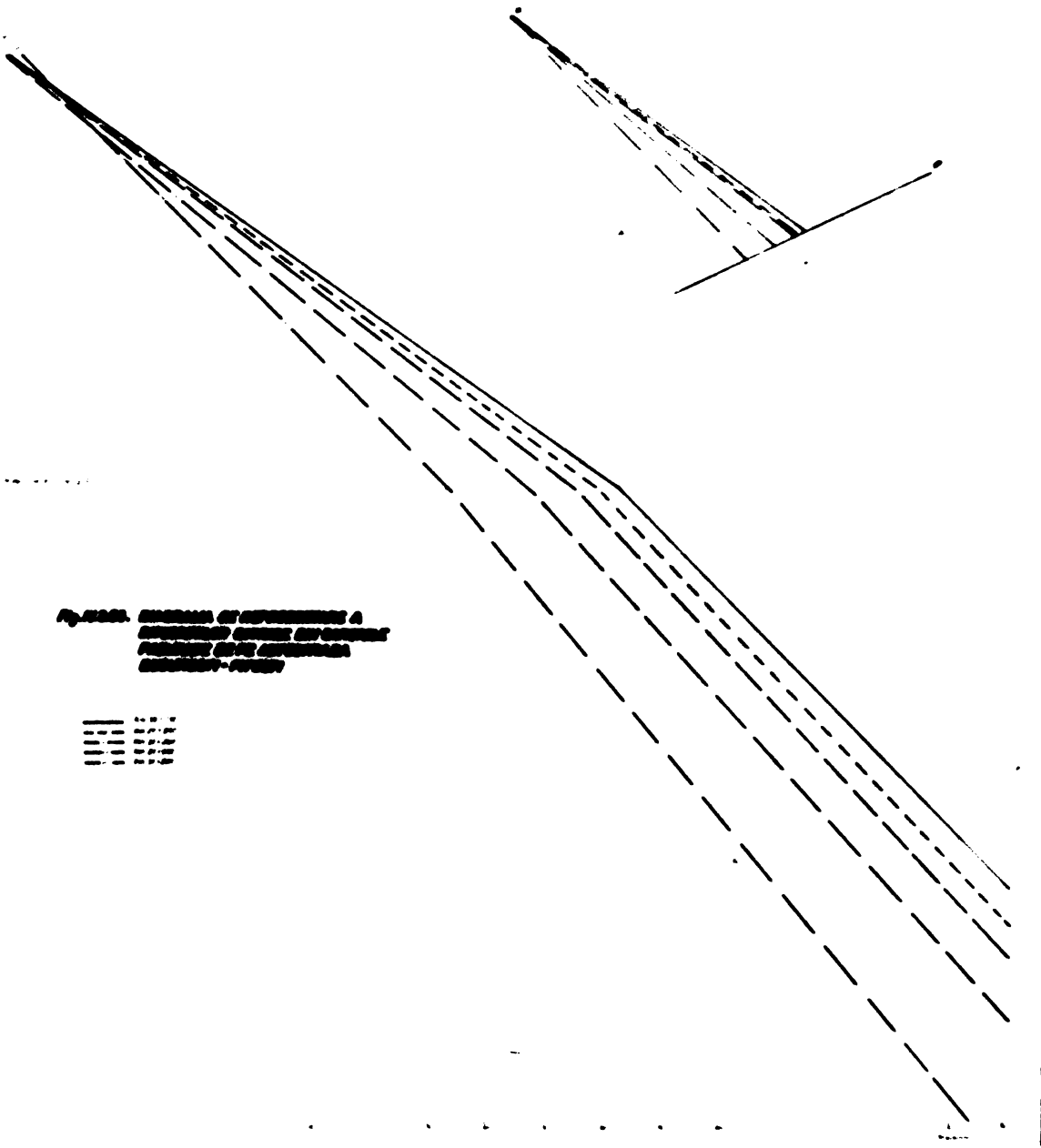
**Fig. IV.3.63. DIAGRAMA DE REPREZENTARE A  
DIFERENȚILOR EXTERNE ÎN CAROTA  
DEPS UN AN DE EXPUNERE**





**Fig. IV.3.64. VARIETAȚIA GRADIENTULUI WTEZEI DE FORTIFICARE ÎN FUNDELE  
 DE PĂRĂȘI PENTRU BITUMENURILE EXTRADE DIN CĂMINTELE PUS-  
 LE ÎNTE DE PE AUTOSTRADA BUCUREȘTI-PITEȘTI**





**Fig. 1000. Diagram of structure A  
 showing the position of the  
 points of the structure  
 relative to the**

—	1000
- - -	1001
· · ·	1002
· · ·	1003

## C A P I T O L U L V

### CARACTERIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE CU BITUM DE LA RAFINARIILE VEGA, NR.1 PLOIESTI CRISANA SI TELEAJEN

STADIUL CERCETARILOR PRIVIND CARACTERIZAREA MIXTURILOR  
ASFALTICE

METODOLOGII ADOPTATE PENTRU CERCETAREA MIXTURILOR ASFALTICE  
PREPARATE CU BITUMURILE FABRICATE DE RAFINARIILE VEGA, NR.1  
PLOIESTI, CRISANA SI TELEAJEN

REZULTATELE CERCETARII PRIVIND CARACTERIZAREA MIXTURILOR  
ASFALTICE PREPARATE CU BITUMURI FABRICATE DE RAFINARIILE  
VEGA, NR.1 PLOIESTI, CRISANA SI TELEAJEN

CONCLUZII CU PRIVIRE LA CARACTERISTICILE MIXTURILOR ASFALTICE  
PREPARATE CU BITUMURI FABRICATE DIN TITEIURI ROMANESTI



CAP. V CARACTERIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE  
PREPARATE CU BITUM DE LA RAFINARIILE  
VEGA, NR.1 PLOIEȘTI, CRISANA SI  
TELEAJEN

1. STADIUL CERCETĂRIILOR PRIVIND CARACTERIZAREA  
MIXTURILOR ASFALTICE

1.1. Considerații generale

Modul de comportare al mixturilor asfaltice în condițiile de exploatare curentă a drumurilor relevă pregnant natura organică și structura de coloid a lianților bituminoși. Stabilitatea și durabilitatea pe care o conferă straturilor bituminoase depind de capacitatea lor de rezistență la acțiunea cumulată a agenților climaterici și trafic /9/ /68/ /74/.

Ținându-se seama de aceste considerente, proprietățile mecanice pe care trebuie să le ateste un strat rutier bituminos și proprietățile unei mixturi asfaltice se apreciază că trebuie să corespundă relației înscrise în schema prezentată în fig. V.1.1.

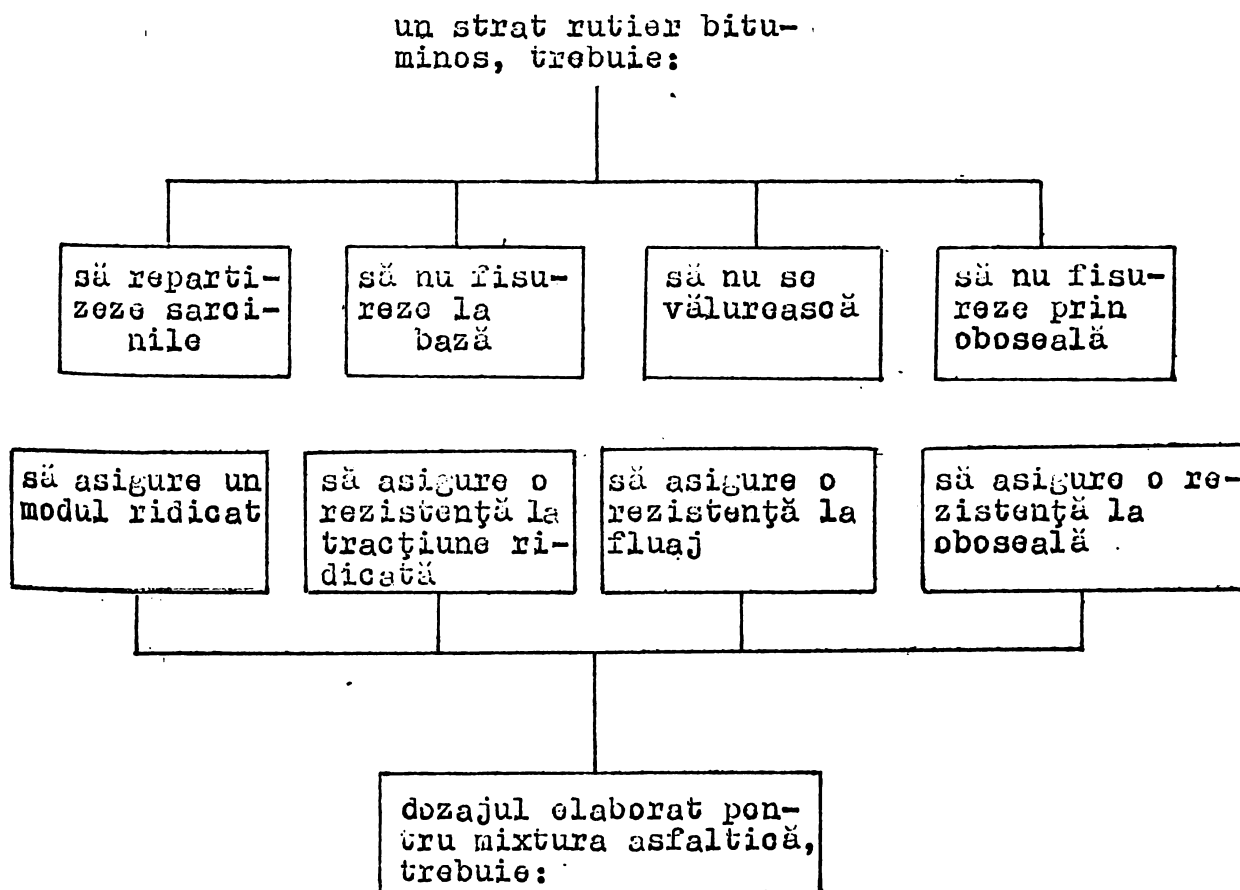


Fig. V.1.1. Cerințe de calitate pentru straturile rutiere bituminoase

Comportarea drumurilor în exploatare a arătat că în condițiile de trafic intens și greu din ultimile decenii, nu este întodeauna posibil să se satisfacă astfel de cerințe întrucât pe durata evoluției lui s-a produs o accentuată creștere a proceselor de degradare și cu deosebire în condițiile temperaturilor atmosferice extreme care favorizează fie deteriorarea prin apariția fenomenelor de deformare plastică (văluriri, fâgașe etc.) fie deteriorarea datorită rigidizării excesive prin fisurare /76/ /77/ /78/ /119/. În aceste condiții acțiunea traficului și în special a celui greu se însumează condițiilor climaterice și accentuează degradarea prin fenomene de oboseală /79/ /100/ /101/.

## 1.2. Tendințele actuale de cercetare a mixturilor asfaltice

Preocupările preponderente în cercetarea actuală urmăresc să răspundă problemelor majore create de traficul modern și să contureze mai evident fenomenele reale ce se produc în tratamentele bituminoase și să se obțină relații mai precise asupra stărilor de eforturi și de deformații, criteriile de investigare au fost mult extinse.

Testele implică adesea eforturi de natură diferită (compresiune /9/ /80/, tracțiune /81/ /82/ /83/ /84/ /134/, flexiune sau forfecare /85/) care acționează unitar sau combinat /88/ /89/.

Cercetările sînt complexe și de cele mai multe ori fundamentale urmărind să stabilească legile de influență ale factorilor de solicitare, implicațiile compoziției asupra calității, criteriilor noi de formulare pentru mixturile asfaltice /91/ /92/ /93/ /94/ sau criterii pentru soluții noi de dimensionare /95/ /97/.

Rezultatele obținute atestă astfel o justificare științifică ce exprimă proprietăți intrinsece ale mixturilor.

Printre preocupările majore pot fi citate cercetările privind determinarea caracteristicilor de rupere plastică - coeziune și unghi de frecare interioară /98/ - ale modulului de rigiditate /99/ /135/, precum și durata de exploatare sub sarcini repetate /103/ /104/.

Aparatura este adecvată scopului, automatizată și asigură o precizie înaintată a determinărilor.

În domeniul temperaturilor ridicate care favorizează condițiile producerii deformațiilor plastice, sînt folosite apa-

atole de tip simulator de fâgășe /105/, presa giratorie /86/ /107/ au aparatele triaxiale.

În domeniul temperaturilor scăzute care favorizează fenomene de degradare prin fisurare se folosesc prosoale mecanice dotate cu camere termostatate și aparate pulsatorii de simulare a procesului de oboseală /87/ /108/.

În aceste condiții de rezolvare a cercetării se obțin date mai utile pentru caracterizarea comportării mixturilor asfaltice privind posibilitatea straturilor rutiere de a îndeplini funcțiile ce le revin în asigurarea stabilității sub trafic a sistemelor rutiere în care este implicat și bitumul ca liant.

Pentru verificarea și confirmarea rezultatelor, studiile experimentale completează în cele mai multe cazuri cercetările de laborator /64/ /90/ /102/.

În ceea ce privește comportarea față de apă, cercetările au făcut obiectul unor preocupări deosebite dat fiind acțiunea de degradare importantă pe care o poate exercita lipsa de adhezivitate a liantului bituminos față de agregatele minerale cu care se fabrică mixtura asfaltică /113/ /114/ /115/ /116/ /117/.

Față de amploarea problemei și de posibilitățile largi de studiu create de tehnicile noi de investigație dezvoltate în prezent în domeniul determinării proprietăților mecanice ale mixturilor asfaltice, s-au făcut propuneri de normalizare a condițiilor de cercetare și de crearea unui catalog privind performanțele ce trebuie atinse de mixturile asfaltice, cât și de statuarea unei metodologii unice de formularea dozajelor de amestec, pentru ca datele obținute să furnizeze informații unanim admise de interpretarea fenomenelor reale din strat și concluzii asupra calității lianților bituminoși /118/.

## 2. METODOLOGIA ADOPTATA PENTRU CERCETAREA MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE CU BITURILE FABRICATE DE RA-FINARIILE VEGA, NR.1 PLOIESTI, CRISANA SI TELBAJEN

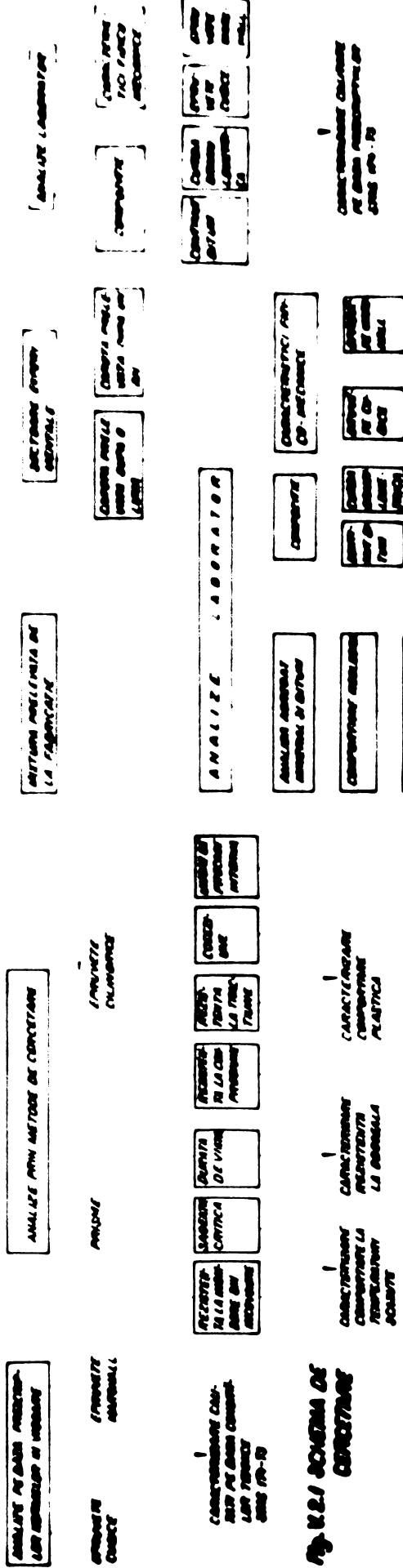
### 2.1. Schema de cercetare

Luând în considerare faptul că într-o mixtură calitatea bitumului este determinantă pentru comportarea straturilor rutiere bituminoase, am continuat studiul cercetării calității biturilor

**MIXTURI**  
 CON BETON ASFALTIC CU ADREGAT MARUNT DUCAT IN CANTINUTE  
 CONFECTIONATE CU CANTINUTE FABRICATE DE TRAIAN MARIN I VEGA  
 NR. 10 RON ST. CALSIANA SI IELLEAZA

...APREI MONITORIZAREA  
 DE PE AUTOTRACI  
 CUMPLETESCUT TESTUL DE  
 EXPLOATARE

INSTIITUTUL NATIONAL DE  
 RECHERSE SI PROIECTARE



**VALORIFICARE**

1. STABILIREA UNEI METODE DE CONCRETARE DE ANALIZA SI MONITORIZARE
2. MONITORIZAREA CONCRETAREI SI MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI
3. MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI SI MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI
4. MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI SI MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI
5. MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI SI MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI
6. MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI SI MONITORIZAREA DE PE AUTOTRACI

CONCRETARE  
 TESTARE  
 MONITORIZARE  
 EXPLOATARE

În cadrul tezei prin testarea calității mixturilor asfaltice preparate cu aceste bitumuri. Schema pe care am abordat-o a cuprins două etape. Una de investigare a influențelor pe care fiecare bitum le exercită asupra calității mixturilor și această fază a implicat un studiu pe mixtura preparată în laborator și o a doua, de stabilire a caracteristicilor mixturilor fabricate în condiții de antier, ca urmare, a modului de comportare în exploatare a mixturilor puse în operă.

Pentru a caracteriza calitatea mixturilor asfaltice preparate conform cerințelor curente, am aplicat metodologia curentă prevăzută de normele în vigoare. Pentru a evidenția diferențierile calitative dintre bitumuri, am aplicat o metodologie complexă care să completeze sfera condițiilor de testare astfel, ca în ansamblu rezultatele să-mi permită să evidențiez diferențierile calitative între mixturi și în special îmbătrânirea reală a biturilor față de stadii importante de transformare, care constituie faze de evoluție semnificative în utilizarea lor ca lianți; fabricația mixturilor asfaltice și exploatarea îmbrăcămintei bituminoase timp de un an.

Metodologia adoptată este prezentată în schema din fig.

## 2.1.

Tipul de mixtură pe baza căruia am efectuat cercetările fost betonul asfaltic, fiind mai uzual în țara noastră. În ambele etape de cercetare - laborator și experimentare - parametrul variabil în compoziția mixturilor asfaltice s-a menținut proveniența bitumului.

Cercetările au fost completate, în ceea ce privește aspectul îmbătrânirii, prin testarea îmbrăcămintei unor sectoare cu vechime sub circulație de 6 ani, bune și degradate, de pe autostrada București - Pitești.

## 2.2. Determinarea caracteristicilor de calitate ale mixturilor asfaltice

Având în vedere că tendințele actuale în abordarea cercetării mixturilor asfaltice urmăresc să apropie condițiile de încercare de condițiile de lucru ale mixturilor asfaltice în stratul bituminos, am lărgit cadrul cercetărilor curente prin extinderea condițiilor de solicitare aplicând metodologiile expuse în cele ce urmează.

### 2.2.1. Determinarea comportării la temperaturi scăzute

Caracteristicile de rezistență la fisurare - determinate de apariția eforturilor de întindere ce depășesc capacitatea mixturilor asfaltice de a rezista la tracțiune sub efectul sarcinilor grele în perioadele de dezgheț - le-am urmărit prin încercări de întindere din încovoieră pe prisme executate din mixtură, cu dimensiunea de 4x4x6 cm.

Condițiile de încercare aplicate au fost pentru temperatură de 0°C și 10°C, iar pentru viteză de 10 mm/min.

Determinând săgeata critică și rezistența la rupere am caracterizat capacitatea de deformare a mixturilor asfaltice față de condiții de temperatură periculoase pentru comportarea straturilor rutiere bituminoase, atunci când patul drumului manifestă o tendință pronunțată de cedare.

### 2.2.2. Determinarea caracteristicilor de deformabilitate plastică

Mixturile asfaltice fiind produse bituminoase, manifestă caracteristici de comportare visco-elastice dependente de proprietățile liantului și natura și intensitatea solicitărilor la care sunt supuse. Prezența agregatului mineral nu modifică proprietățile de curgere ale bitumului, dar le atenuază.

Pentru stabilirea proprietăților mecanice prin mijloace naționale, am adoptat criteriul de caracterizare prin parametrii de stare care caracterizează ruperea plastică: coeziunea,  $c$ , și unghiul de frecare interioară,  $\varphi$ , determinați din încercări de rezistență la compresiune,  $R_c$ , și rezistență la tracțiune,  $R_t$ , (încercarea Braziliană) pe baza relațiilor:

$$c = 0,5 \sqrt{R_c \cdot R_t} \quad //N.1./$$

$$\varphi = 2 \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\frac{R_c}{R_t}} - 1}{\sqrt{\frac{R_c}{R_t}} + 1} \quad //N.2./$$

Determinările le-am efectuat pe epruvete cilindrice cu diametrul și înălțimea de 7 cm, compactate cu o presiune de 300 daN/cm<sup>2</sup>, timp de 3 minute. Condițiile pentru viteza de încercare aplicată au fost: 5 mm/min și 20 mm/min, iar pentru temperatu-

ra de 50°C și 20°C.

Reforitor la coeziune și unghi de frecare interioară, se semnalează că pentru ca mixtura să reziste la deformare plastică și să ateste o bună comportare sub trafic, coeziunea determinată prin încercări dinamice triaxiale la 50°C nu trebuie să scadă sub  $10^5 \text{ N/m}^2$ , iar unghiul de frecare interioară sub  $30^\circ$  /98/.

O coeziune scăzută relevă tendințe mărite de producere a deformațiilor plastice cu efecte dăunătoare asupra comportării mixturilor asfaltice întrucât determină deteriorarea suprafeței drumurilor prin vălurire, formare de făgașe etc. /76/ /119/.

### 2.2.3. Determinarea modulului de rigiditate

Printre parametrii curent adoptați în caracterizarea comportării reologice a mixturilor asfaltice, ca atestând o justificare fundamentată științific este folosit adesea modulul de rigiditate,  $S_m$ . El reprezintă o caracteristică mecanică a mixturilor asfaltice ce permite să se stabilească o corelație între amplitudinea eforturilor și a deformațiilor în strat.

Comportarea mecanică a mixturilor asfaltice în condiții variabile de solicitare - temperatură, durată de acționare a sarcinii - le-am stabilit utilizând ca valori, modulul de rigiditate al mixturilor asfaltice calculat după metoda Heukelom și Klomb, cu relația /96/ :

$$S_m = S_b \left( 1 + \frac{2,5}{n} \cdot \frac{C_v}{1 - C_v} \right)^n \quad /V.3./$$

unde:

$$n = 0,34 \lg \frac{4 \cdot 10^{10}}{S_b} \quad /V.4./$$

$C_v$  - concentrația în volum a agregatului mineral:

$$C_v = \frac{V_g}{V_g + V_b} = \frac{\text{volumul agregatului}}{\text{volumul (agregat + bitum)}} \quad /V.5./$$

$S_b$  - modulul de rigiditate al bitumului obținut din abaca Van der Poel.

Pentru calculul modulului de rigiditate am luat în considerare caracteristicile bitumurilor inițiale și extrase din mixturi.

Exprimate în acest mod, curbele de curgere au considerat că sînt specifice fiecărei mixturi și reprezentative comportării etapei luate în considerare.

Pentru stabilirea comportării la curgere, valorile modulilor de rigiditate  $S_m$  le-am determinat în condiții de temperatură,  $T$ , de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  și durată de acționare a solicitării,  $t$ , de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec la  $1 \cdot 10^4$  sec.

Echivalența de efecte - temperatura,  $T$ , și durata de solicitare,  $t$  - am evidențiat-o prin înscrierea rezultatelor în curbele reduse și luînd drept temperatură de referință temperatura la  $20^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.2.4. Determinarea rezistenței la oboseală

Comportarea amestecurilor asfaltice sub sarcini repetate la temperaturi la care tendințele de deteriorare ale straturilor rutiere bituminoase devin periculoase am stabilit-o pe baza determinării duratei de exploatare sub sarcini repetate de întindere din încovoire, la deformații impuse.

Încercarea furnizează date pentru caracterizarea capacității de rezistență la rupere și în același timp dă informații asupra calității bitumului, întrucît procesul de oboseală se localizează în faza liant.

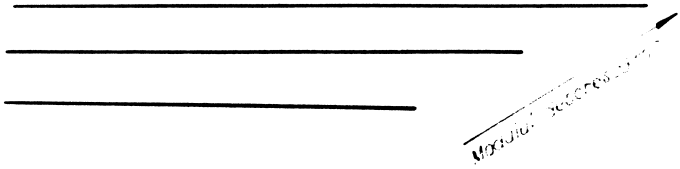
În cadrul lucrărilor la toză am utilizat un aparat tip americke aplicînd următoarele condiții de solicitare /123/ :

- frecvența de 4,5 Hz corespunzător unei durate de aplicare a solicitării de 0,035 sec;
- temperatura de  $5^{\circ}\text{C}$ ;
- limitele de variație ale deformației specifice de întindere a fibrei marginale,  $\epsilon_p$ , a fost luată astfel încît să se asigure o valoare constantă a momentului de încovoiere între cele două puncte de aplicare a forței.

În condițiile încercării sub deformație controlată, încuscît efortul scade nesemnificativ față de valoarea inițială pînă în apropierea ruperii, rezistența la oboseală s-a stabilit prin numărul de aplicări ale sarcinii corespunzător momentului în care valoarea forței de reacțiune s-a redus la 25 % din cea inițială.

Relația de calcul a duratei de exploatare,  $N_g$ , este dată de ecuația:





**Fig.V.2.2. OSOSEALĂ LA DEFORMAȚIE  
CONSTANTĂ**

$$N_s = K \left( \frac{1}{\varepsilon_r} \right)^n$$

N.6./

10:

$\varepsilon_r$  - deformația specifică de întindere;  
n și K - sînt constante dependente de caracteristicile  
mixturii și de condițiile de încercare.

În coordonate logaritmice această relație se reprezintă  
în dreptele a căror pantă depinde de rigiditatea mixturii (fig.  
2.2.).

### 3. REZULTATELE CERCETĂRII PRIVIND CARACTERIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE CU BITUMURI FA- BRICATE DE RAFINĂRIILE VEGA, NR.1 PLOIEȘTI, CRISANA ȘI TELEAJEN

În ambele faze de cercetare, laborator și experimentală,  
mixturile asfaltice le-am preparat utilizînd probe medii reprezen-  
tative (din amestecul probelor de bitum prelevate de la rafinării)  
agregate minerale conforme normelor în vigoare pentru a fi uti-  
lizate în construcția straturilor rutiere bituminoase.

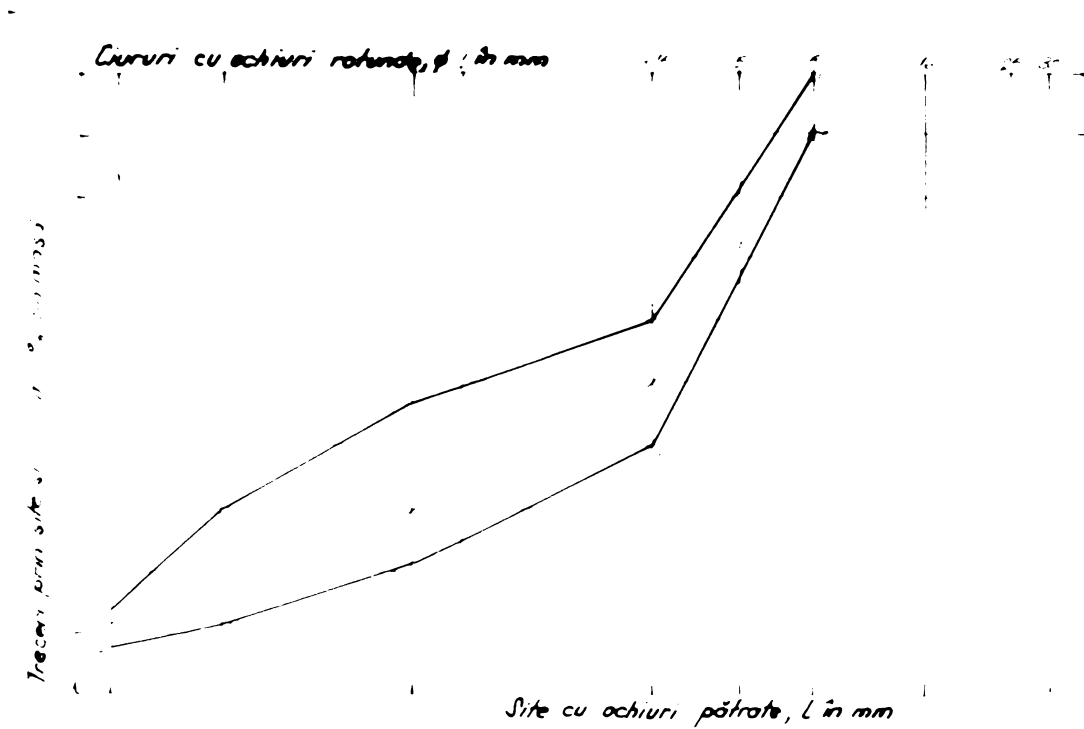
În laborator am utilizat probele de bitum medii repre-  
zentative pentru rafinării care au stat la baza cercetărilor în ca-  
zul tezei, iar în instalația industrială amestecuri de bitum pre-  
parate în topitorul stației de malaxare, din probele individuale  
relevate de la rafinării.

Caracterizarea mixturilor față de cerințele impuse de  
normele în vigoare am determinat-o pe baza metodologiilor curente,  
dar influența exercitată de originea bitumului prin determinarea  
comportării în condițiile metodelor înscrise la pct. V.2.2.

În continuare prezint pentru fiecare aspect de cerceta-  
re în parte, condițiile de obținere ale mixturilor asfaltice, în-  
cercările efectuate și rezultatele obținute.

#### 3.1. Mixturi asfaltice preparate în laborator

În cadrul cercetărilor preliminare efectuate în labora-  
tor mixtura investigată a fost de tipul b.a.b.8-60 /120/ /121/  
122/.



**Fig. X.3.1. CURBA GRANULOMETRICĂ A AGREGATULUI MINERAL DIN MIXTURA ASFALTICĂ PREPARATĂ ÎN LABORATOR**

### 3.1.1. Agregate minerale și dozaje

În cercetarea de laborator au fost utilizate materiale zonale de șantier constituite din:

- criblură din bazalt de la cariera Racoș;
- nisip de concasaj din bazalt de la cariera Racoș;
- nisip natural de râu;
- filer de calcar de la Fabrica Murfatlar.

Granulozitatea fiecăruia dintre materiale este înscrisă în tabelul V.3.1.

#### Granulozitatea agregatelor minerale

Tabelul V.3.1.

Materiale	Rest pe ciurul sau sita de ... mm, %					Trece prin sita de 0,09 mm %
	8	3,15	0,63	0,2	0,09	
Criblură sort 3-8	19,5	78,1	2,4	-	-	-
Nisip concasaj 0-3	-	3,6	66,8	13,1	5,4	11,1
Nisip natural 0-7	-	10,0	45,5	37,2	6,1	1,2
Nisip natural 0-3	-	-	2,0	41,0	54,7	2,3
Filer Murfatlar	-	-	2,8	3,2	7,0	87,0

Dozajele le-am stabilit în funcție de caracteristicile agregatelor minerale, iar bitumul s-a adăugat astfel încât caracteristicile mixturilor asfaltice să asigure condițiile tehnice de calitate. În acest sens dozajele utilizate la prepararea mixturilor asfaltice au fost:

93,5 % agregat mineral;

6,5 % bitum, raportat la mixtură,

agregatul mineral fiind constituit dintr-un amestec de cribluri, nisip și filer, în proporția prezentată în tabelul V.3.2.

Curba granulometrică a agregatului mineral din mixtură este prezentată în fig. V.3.1.

Mixtura asfaltică a fost preparată în condițiile prevederilor normelor în vigoare.

Dozajele agregatelor minerale din  
mixture asfaltică

Tabelul V.7.2.

Materiale	Dozaj	Rest pe ciurul sau sita de .... mm, %					Trecu prin sita de 0,09 mm %	
		8	3,15	0,63	0,2	0,09		
tblură	3-8	50	9,7	39,1	1,2	-	-	-
sip concasaj	0-3	21	-	0,8	14,0	2,8	1,1	2,3
sip natural	0-7	9	-	0,9	4,1	3,3	0,6	0,1
sip natural	0-3	9	-	-	0,2	3,7	4,9	0,2
ler Murfatlar	11	-	-	-	0,3	0,4	0,7	9,6
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>9,7</b>	<b>40,8</b>	<b>19,8</b>	<b>10,2</b>	<b>7,3</b>	<b>12,2</b>

3.1.2. Rezultatele cercetării

Metodele aplicate în studiul comportării au fost con-  
tuite din determinări prevăzute în normele de calitate în vigoa-  
r, metode de determinare a comportării la temperaturi scăzute  
(ct. V.2.2.1), de stabilire a caracteristicilor de rupere plastică  
(ct. V.2.2.2.) și determinarea rezistenței la oboseală (pct.  
2.2.4.).

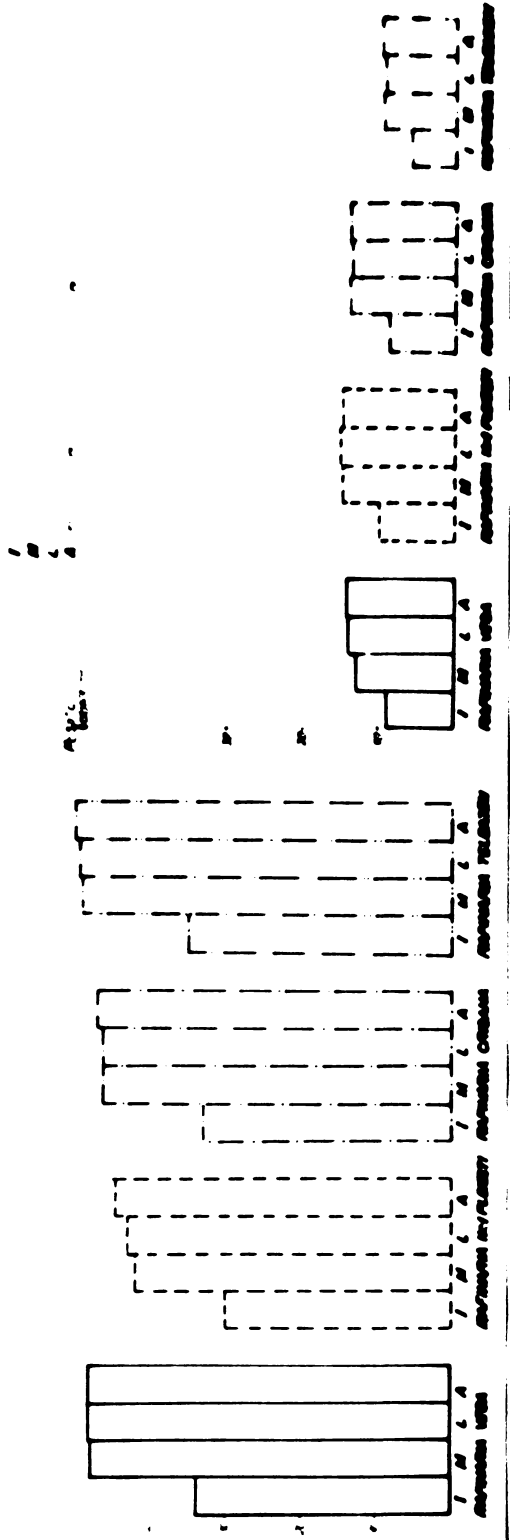
Posibilitatea de comparare a mixturilor între ele în  
funcție de proveniența liantului am realizat-o asigurând epruvete-  
lor de încercare un grad de compactitate similar.

Rezultatele obținute prin testare sînt prezentate în  
tabelul V.3.3. și V.3.5. (anexa V, pag. 1-2) și pe baza lor am  
reprezentat următoarele:

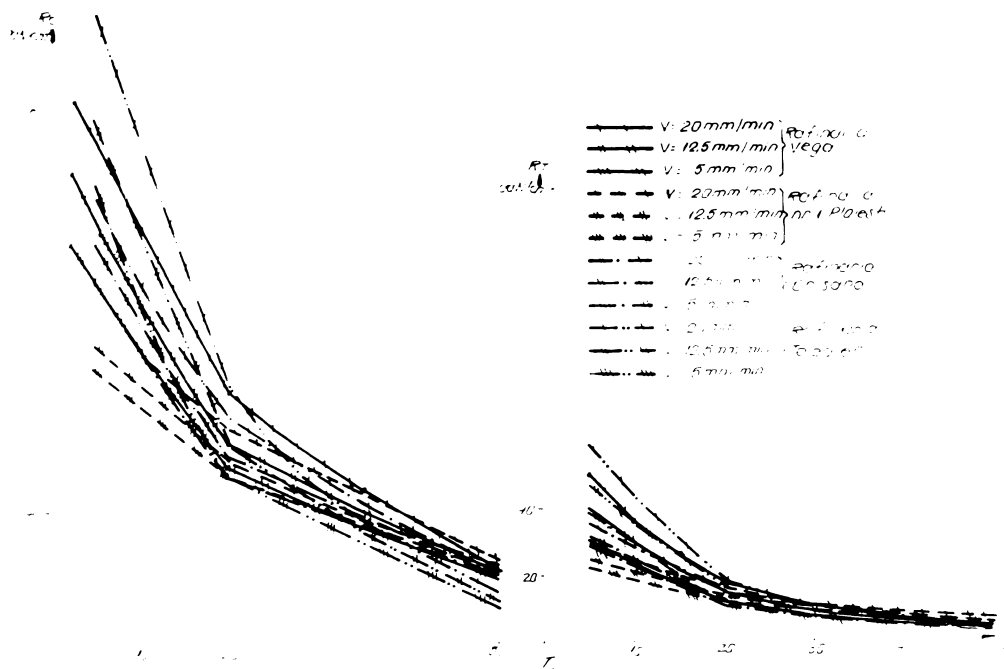
- mixturile asfaltice, indiferent de bitumul conținut  
sînt înscrise calitativ condițiilor tehnice în vigoare cu excepția  
influenței și a reducerii rezistenței la compresiune după păstrare  
în apă, în cazul mixturilor preparate cu bitum provenit de la rafi-  
năriile Vega, Crișana și Teleajen.

Tinînd seama de caracteristicile de adezivitate ale  
biturilor și luînd în considerare natura agregatelor minerale  
la care am preparat mixturile, am stabilit că această comportare  
satisfăcătoare față de apă a celor trei mixturi asfaltice se da-  
rește lipsei de adezivitate a biturilor care se transmite în  
măsură egală acestora, așa cum rezultă din datele înscrise în tabe-  
lul V.3.4.

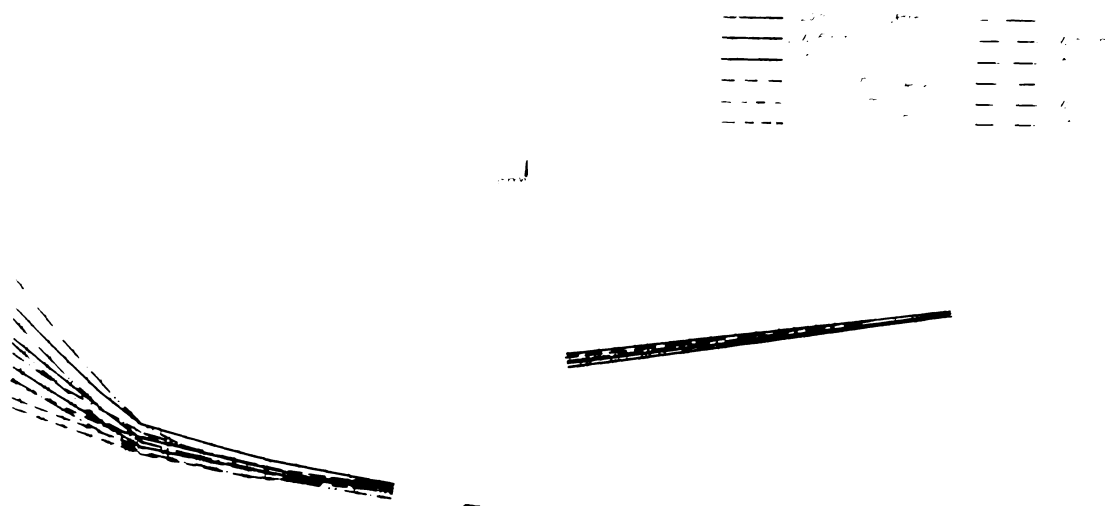
**Fig. 1.2.3. PREZENTAREA LA COMPRESIUNE LA 25°C (M-23) SI LA 50°C (M-50)  
ALE ANITURILOR ASFALTICE CONCETATE**



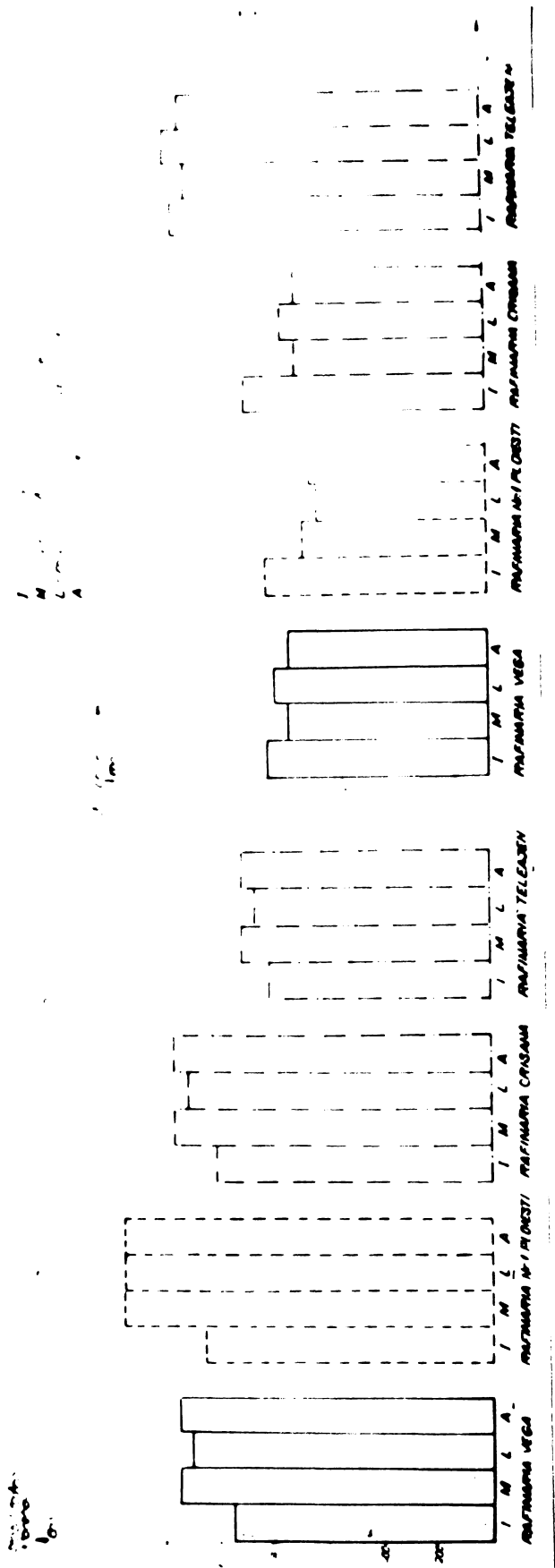
**Fig.V.3.3. VARIATIA REZISTENTELOR LA COMPRESIUNE ( $R_c$ ) SI LA TRACTIUNE, ( $R_t$ )ALE MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE IN LABORATOR, CU TEMPERATURA SI VITEZA DE INCERCARE**



**Fig.V.3.4. VARIATIA COEZIUNII (C) SI A UNGHILUI DE FRECARA INTERNA ( $\varphi$ ) ALE MIXTURILOR ASFALTICE CERCETATE, CU TEMPERATURA SI VITEZA DE INCERCARE**



**Fig. V.3.12. STABILITATEA MARSHALL SI INDICELE DE CURGERE ALE MIXTURILOR ASFALTICE GERCESTATE**





Caracteristicile mixturilor asfaltice  
din punct de vedere al comportării față de apă

Tabelul V.3.4.

Specificații	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
Adozivitatea bitumului,%	50	95	40	40
Caracteristici mixturi:				
- umflare după 28 zile păstrare în apă, %	1,3	0,9	1,2	1,5
- reducerea Rc 22°C după 28 zile păstrare în apă, %	28,2	19,0	25,0	36,0

- unghiul de frecare interioară pentru toate mixturile indiforent de bitum, prin variațiile reduse ale valorilor, confirmă același schelet mineral în toate cazurile;

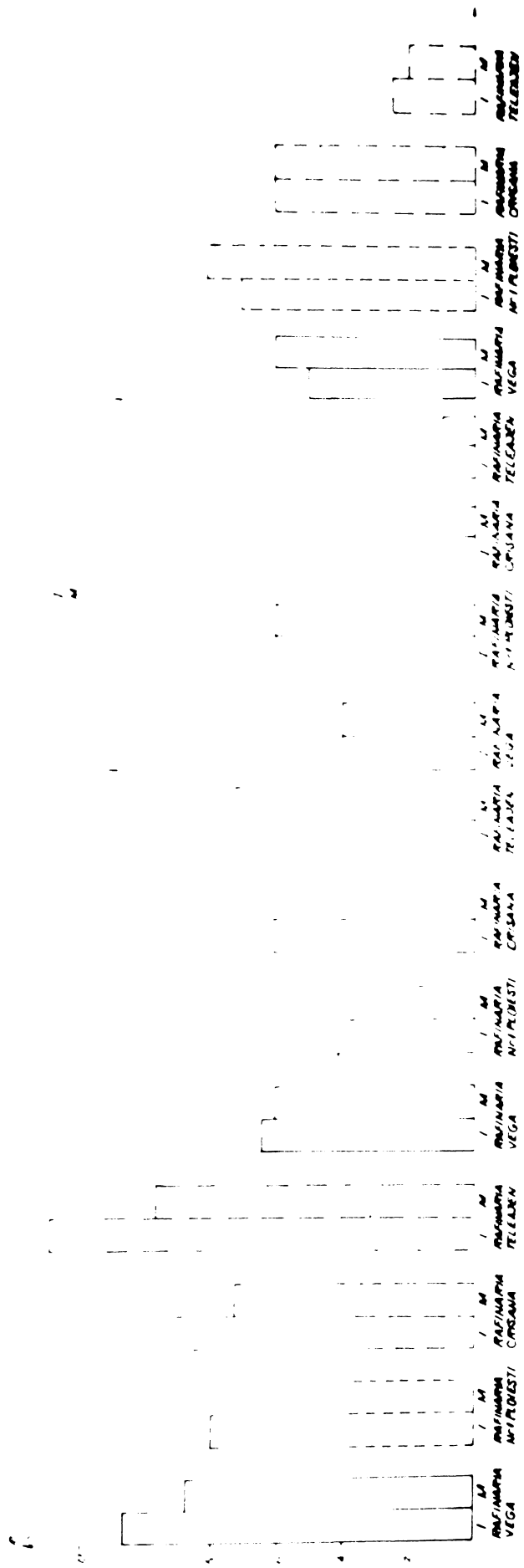
- influența liantului este evidențiată de comportarea mixturilor asfaltice odată cu modificarea condițiilor de solicitare, întrucît schimbările de stare se transmit în consistența mixturii. Din analiza rezultatelor am stabilit că modificările suferite de mixturi sînt diferite de la una la alta și în funcție de natura și proveniența bitumului conținut, întrucît:

. din valorile rezistențelor la compresiune reprezentate grafic în fig. V.3.2., ale rezistențelor la tracțiune reprezentate grafic în fig. V.3.3., ale coeziunii reprezentate grafic în fig. V.3.4. și ale stabilității Marshall reprezentate în fig. V.3.12, am dedus că:

.. la temperaturi scăzute și viteze de încercare ridicate mixturile preparate cu bitum de la rafinăria Teleajen manifestă un grad de rigidizare, comparativ celorlalte mai ridicat, întrucît atestă în toate cazurile rezistențe mecanice superioare. Dintre mixturile preparate cu bitumuri neparafinoase, cea corespunzătoare bitumului de la rafinăria nr.1 Ploiești este cea mai puțin durificată, celelalte cu bitum de la rafinăriile Crișana și Vega situîndu-se cu caracteristici mai apropiate între celelalte două;

.. odată cu creșterea temperaturii, valoarea rezistențelor mecanice se reduce dovedind că mixturile manifestă stări

Fig. V. 3.5. VARIATIA REZISTENTEI LA INTINDERE SI A SAGETII CRITICE ALE MIXTURILOR ASFALTICE CERCEETATE



rigidizare mai apropiate între ele indiferent de bitumul conținut. În condițiile temperaturilor obișnuite (20°C și 22°C) diferențele apar mai reduse. Ținând seama de natura parafinică sau neparafinică a biturilor, rezultatele arată că mixtura preparată cu bit de la rafinăria Teleajen atestă în continuare rezistențe ușor crescute, iar cea preparată cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești în continuare ușor mai reduse;

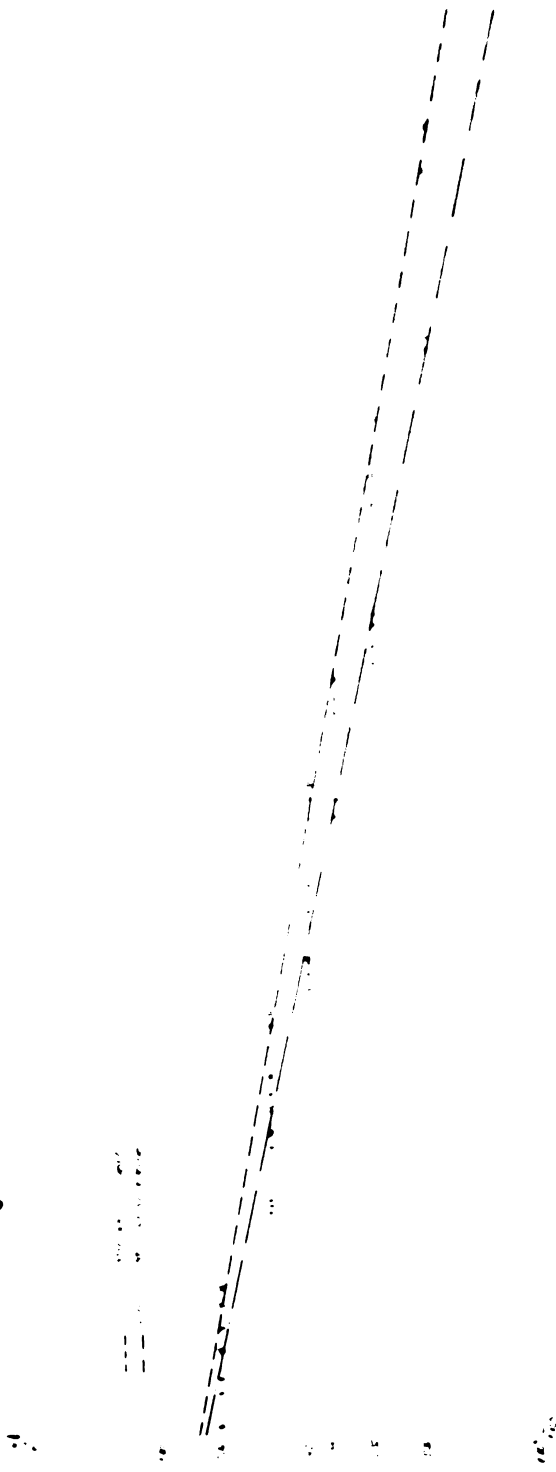
.. la temperaturi ridicate și viteze crescute de încălzire, comportarea mecanică a mixturilor se modifică din nou, caracterizând mixtura preparată cu bitum parafinos ca mai puțin rezistentă la solicitări decât pe cele preparate cu bitumuri neparafinoase. Rezultatele marchează și în acest caz o comportare mai favorabilă din punct de vedere rutier a mixturilor preparate cu bitumuri neparafinoase prin stabilitatea lor mai mare la deformare plastică și că dintre ele ușor mai avantajoasă este mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești;

. din valorile rezistenței la întindere din încovoieri și ale săgeții critice reprezentate grafic în fig. V.3.5. am evidențiat că și în condițiile de solicitare ale acestei metodologie, mixtura preparată cu bitum parafinos se caracterizează prin susceptibilitate de rigidizare mai mare decât mixturile fabricate cu bitumuri neparafinoase și că dintre ele mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești este mai plastică, atestând o deformabilitate mai mare;

Aceste caracteristici de comportare ale mixturilor asfaltice obținute din determinări mecanice, reflectă comportarea biologică a biturilor care caracterizează bitumul parafinos ca fiind susceptibil față de acțiunea solicitărilor - temperatură și greutate de aplicare a sarcinii - ca urmare unei structuri mai solide și a unui conținut mai ridicat în parafină, iar bitumurile neparafinoase ca fiind mai gel și deci mai rezistente la aceleași solicitări, precum și că dintre bitumurile neparafinoase mai rezistente la acțiunea solicitărilor sînt cele fabricate de rafinăria nr.1 Ploiești, care atestă o stare structurală mai gel comparativ cu a celor de la rafinările Vega și Crișana întrucît:

.. în condițiile solicitărilor cu valori extreme diferențele manifestă comportări mai evident diferențiate între ele în timp ce în condițiile solicitărilor cu valori medii comportarea este mai apropiată;

Fig. V.8.6. VARIATIA DEFORMATIILOR SPECIFICE ( $\epsilon_s$ ) ÎN FUNCTIE DE NUMARUL DE CICLI  $N_f$



.. în funcție de liantul conținut, comportarea caracterizează mixturile preparate cu:

... bitum parafinos, mai susceptibile la rigidizare în domeniul temperaturilor scăzute și mai susceptibile la deformare plastică în domeniul temperaturilor ridicate;

... bitumuri neparafinoase, mai puțin rigidizate în domeniul temperaturilor scăzute și mai rezistente la deformare în domeniul temperaturilor ridicate, iar în funcție de proveniența lecăruia, pe cele preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești manifestând o comportare mai puțin influențată de condițiile de aplicare decât celelalte.

Aceste constatări m-au condus la concluzia semnalată în cadrul investigațiilor anterioare prezentate în lucrare, că amestecurile cercetate pot confori mixturilor asfaltice caracteristice mecanice care să asigure în exploatarea straturilor rutiere bituminoase o rezistență mai mare la fisurare în perioadele reci ale anului, defavorabile circulației și o rezistență mai mare la deformare plastică, cu apariția fenomenelor de vălurire, formare de bușoane etc. în perioadele calde, vara, decât mixturile preparate cu bitum parafinos și de asemenea că mixturile preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești sînt mai avantajoase decât celelalte;

- rezultatele cercetării arătînd că dintre bitumurile neparafinoase diferențieri mai semnificative le manifestă mixturile confecționate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești și că între acestea și cele confecționate cu bitum de la rafinăria Telesjen există deosebiri mai mari de comportare, rezistența la oboseală au determinat-o numai pentru aceste două tipuri de mixturi. Rezultatele obținute în funcție de valoarea sîgeții de încovoiere, respectiv de deformația specifică de întindere,  $\epsilon_x$ , impusă epruvetei de mixtură, le-am prezentat în tabelul V.3.6. (anexa V, pag.3) și fig. V.3.6. Din examinarea lor am dedus că:

. densitatea aparentă  $\gamma_a$  a epruvetelor încercate asigură și pentru aceste determinări valori apropiate între ele întrucît valorile coeficientului de variație, Cv, și ale abaterea medii pătratice,  $\sqrt{}$ , sînt reduse așa cum rezultă din tabelul V.3.7.

. rezultatele încercărilor la oboseală au permis stabilirea unor legături stohastice între numărul de aplicări ale sarcinii pînă la rupere,  $N_g$ , și deformația specifică de întindere,  $\epsilon_x$ , pentru temperatură constantă, de forma celei din relația V.6./.

Caracteristicile de variație ale densității  
aparente a epruvetelor supuse încercărilor de oboseală

Taboulul V.3.7.

C a r a c t e r i s t i c i	Prismo confecționate cu bitum de la rafinăria :	
	Nr.1 Ploiești	Telenejen
$\gamma_a$ medie, g/cm <sup>3</sup>	2,352	2,348
valoare medie pătratică, $\sqrt{\gamma}$ , g/cm <sup>3</sup>	0,011	0,027
coeficient de variație, Cv, %	0,47	1,15
valoare față de densitatea obținută epruvete Marshall, %	4,74	4,75

În coordonate logaritmice ecuația de regresie a comportării la oboseală este cea a unei drepte ce corespunde relației:

$$\lg N_s = \lg K + n \lg \frac{1}{\epsilon_r}, \text{ sau: } \quad /V.7./$$

$$\lg N_s = \lg K - n \lg \epsilon_r \quad /V.8./$$

Valoarea caracteristicilor statistice, n și K, au fost calculate conform tabelelor de corelație V.3.8 și V.3.9 (anexa V, p. 5-6).

Rapoartele de corelație  $\eta_{y/x}$  și  $\eta_{x/y}$  le-am stabilit pe baza ecuațiilor:

$$\eta_{y/x} = \sqrt{\frac{n \sum_x \frac{(\sum_y n_{xy} \cdot y)^2}{n_x} - (\sum_x \sum_y n_{xy} \cdot y)^2}{n \sum_y n_y y^2 - (\sum_y n_y y)^2}} \quad /V.9./$$

$$\eta_{x/y} = \sqrt{\frac{n \sum_y \frac{(\sum_x n_{xy} \cdot x)^2}{n_y} - \sum_x \sum_y n_{xy} \cdot x}{n \sum_x n_x \cdot x^2 - (\sum_x n_x \cdot x)^2}} \quad /V.10./$$

coeficientul de corelație, r, cu formula:

$$r = \frac{n \sum_x \sum_y n_{xy} \cdot y \cdot x - (\sum_x n \cdot x) (\sum_y n \cdot y)}{\sqrt{\left[ n \sum_x n \cdot x^2 - (\sum_x n \cdot x)^2 \right] \cdot \left[ n \sum_y n \cdot y^2 - (\sum_y n \cdot y)^2 \right]}} \quad /V.11./$$

Rezultatele obținute pentru aceste mărimi în cazul celor două mixturi cercetate le-am înscris în tabelul V.3.10.

Valorile rapoartelor de corelație și ale coeficientului de corelație obținute pentru mixturile asfaltice cercetate

Tabelul V.3.10.

Mixtură preparată cu bitum de la rafinăria:	Rapoarte de corelație		Coeficient de corelație r
	$\eta_{yx}$	$\eta_{xy}$	
Nr.1 Ploiești	0,991	0,996	0,988
Teleajen	0,984	0,967	0,982

Din examinarea rezultatelor am stabilit că între rapoartele  $\eta_{y/x}$  și  $\eta_{x/y}$  există strânse legături de corelație întrucât valorile lor sînt mai mari de 0,9. În același timp faptul că valorile sînt apropiate și aproximativ egale cu valoarea coeficientului de corelație, r, mi-au permis să afirm că regresile sînt lineare:

.. verificarea linianității regresiei  $\lg N_s(\lg E_r)$  am urmărit-o prin înscrierea rapoartelor de corelație între limitele de încredere ale coeficientului de corelație pentru o probabilitate de 0,95:

$$r - z_{qI} \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}} \leq \eta_{y/x} ; \eta_{x/y} \leq r + z_{qI} \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}} \quad \text{V.12./}$$

sînt și prin criteriul F:

... în primul caz limitele de încredere ale coeficientului de corelație calculate conform relației V.12. pentru o probabilitate de 0,95 au condus la următoarele rezultate:

$$r - z_{qI} \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}} = 0,983 \text{ pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești;}$$

$$= 0,851 \text{ pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen;}$$

$$r + z_{qI} \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}} = 0,997 \text{ pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești;}$$

$$= 0,851 \text{ pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen.}$$

.. // , , ..

prin care am verificat că regresiile sînt liniare deoarece respectă relația V.12.:

Mixtură preparată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești:

$$0,983 \leq 0,991 \quad ; \quad 0,996 \leq 0,997$$

Mixtură preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen:

$$0,851 \leq 0,984 \quad ; \quad 0,987 \leq 0,995$$

... valoarea rapoartelor  $F_{y/x}$  și  $F_{x/y}$  am calculat-o cu ajutorul relațiilor:

$$F_{y/x} = \frac{(N - n) (\eta_{y/x}^2 - r^2)}{(n - 2) (1 - \eta_{y/x}^2)} \quad /V.13./$$

$$F_{x/y} = \frac{(N - m) (\eta_{x/y}^2 - r^2)}{(m - 2) (1 - \eta_{x/y}^2)} \quad /V.14./$$

unde: N este numărul total al perechilor de valori măsurate, n și m numărul valorilor (claselor) pe care le ia variabila x, respectiv y;

și am comparat-o cu valorile tabelare ale lui F pentru numeroase grade de libertate respectiv față de probabilitatea de 95 %. Rezultatele sînt înscrise în tabelul V.3.11.

Valorile lui F obținute din calcul

Tabelul V.3.11.

Mixtură preparată cu bitum de la rafinăria:	$F_{y/x}$		$F_{x/y}$	
	calculat	tabelar	calculat	tabelar
- Nr.1 Ploiești	2,13	2,60	1,20	5,77
- Teleajen	0,23	2,80	1,31	5,77

Deoarece valorile calculate pentru aceste rapoarte sînt inferioare celor tabelare corespunzătoare, am confirmat ipoteza liniarității regresiei;

... calculul parametrilor regresiei  $lg N_s (lg \epsilon_r)$  l-am efectuat prin determinarea coordonatelor centrului de regresie pe baza relațiilor:

$$\bar{x} = \frac{\sum x \cdot n_x}{\sum n_x} \quad \text{și} \quad \bar{y} = \frac{\sum y \cdot n_y}{\sum n_y} \quad /V.15./$$

.. // ..



a coeficienților de regresie pe baza relațiilor:

$$a_{y/x} = \frac{n \sum_x \sum_y n_{xy} \cdot xy - \left( \sum_x n \cdot x \right) \left( \sum_y n \cdot y \right)}{n \sum_x n \cdot x^2 - \left( \sum_x n \cdot x \right)^2} \quad /N.16./$$

$$a_{x/y} = \frac{n \sum_x \sum_y n_{xy} \cdot xy - \left( \sum_x n \cdot x \right) \left( \sum_y n \cdot y \right)}{n \sum_y n \cdot y^2 - \left( \sum_y n \cdot y \right)^2} \quad /N.17./$$

Rezultatele obținute din calcul sînt înscrise în tabelul V.3.12.

Caracteristicile parametrilor regresiei

Tabelul V.3.12.

Mixtură preparată cu bitum de la rafinăria:	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$a_{y/x}$	$a_{x/y}$
nr.1 Ploiești	-0,5	0,2	2,34	0,42
Teleajen	-0,5	-0,8	1,94	0,50

Valorile obținute pentru coeficienții de regresie  $a_{y/x}$  și  $a_{x/y}$  au permis să se verifice relația:

$$a_{x/y} \cdot a_{y/x} = r^2 \quad /N.18./$$

În aceste condiții ecuația de regresie este:

$$y(x) = \bar{y} + a_{y/x} (\bar{x} - x) \quad /N.19./$$

revine:

- pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești:

$$\lg N_s = -5,85 \lg \mathcal{E}_r - 14,240 \quad /N.20./$$

- pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen:

$$\lg N_s = -4,85 \lg \mathcal{E}_r - 11,065 \quad /N.21./$$

Deci valorile constantelor regresiei, K și n pentru cele două mixturi sînt următoarele:

xtură preparată cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești:

$$K = 5,75 \cdot 10^{-15} \quad ; \quad n = 5,85$$

xtură preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen:

$$K = 1,08 \cdot 10^{-12} \quad ; \quad n = 4,85$$

Ecuația curbei care caracterizează dependența dintre  $N_s$  și  $\mathcal{E}_r$  este în acest caz:

- pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești:

$$N_s = 5,75 \cdot 10^{-15} \left( \frac{1}{\mathcal{E}_r} \right)^{-5,85} \quad \text{V.22.}$$

- pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen:

$$N_s = 1,08 \cdot 10^{-12} \left( \frac{1}{\mathcal{E}_r} \right)^{-4,85} \quad \text{V.23.}$$

Reprezentarea grafică a relațiilor  $\mathcal{E}_r = f(N_s)$  pentru fiecare mixtură în coordonate logaritmice este prezentată în fig. V.3.6.

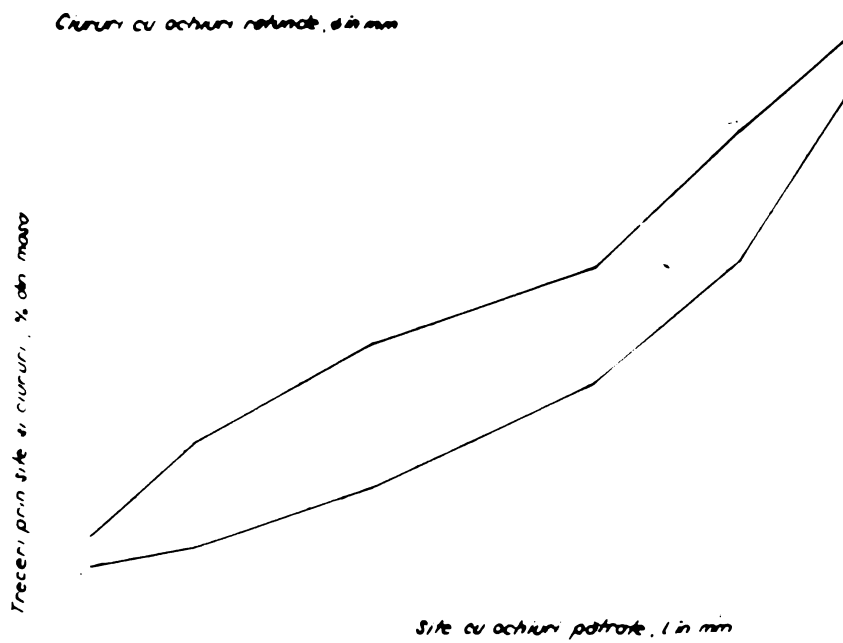
Valoarea determinăcii dată de relația:  $d_{y/x} = r^2$  corespunde la 0,98 pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești și 0,96 pentru cea preparată cu bitum de la Teleajen, ceea ce denotă că 98 % și respectiv 96 % din variația constatată a rezistenței la oboseală poate fi explicată prin modificarea deformației specifice de întindere,  $\mathcal{E}_r$ .

Analiza statistică a datelor experimentale mi-a permis să evidențiez o corelație puternică între rezistența la oboseală exprimată prin numărul de cicluri pînă la rupere,  $N_s$  și deformația specifică de întindere  $\mathcal{E}_r$ .

În final, examinarea atît a valorilor lui K și n cît și a curbelor din fig. V.3.6. a evidențiat următoarele:

- coeficientul unghiular al dreptei reprezentative pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen atestă o valoare mai ridicată decît în cazul mixturii preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești, ceea ce relevă o comportare la oboseală ușor mai dezavantajoasă;

- coeficientul K prezintă de asemenea valori diferite la urmare a caracteristicilor specifice de deformabilitate a mix-



**Fig.V.3.7. CURBA GRANULOMETRICA A AREGATULUI MINERAL TOTAL PRESCRIS DE DOZAJUL PENTRU MIXTURA EXPERIMENTATA LA SANTIER**

turilor în condițiile determinării, ceea ce mi-a permis să confirm o rezistență la obosală mai mare în cazul mixturilor preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești.

### 3.2. Lucrări experimentale

Lucrările experimentale le-am desfășurat proluând bitumurile de cercetat în condiții de șantier și executând secțiile experimentale pe un tronson de drum în circulație curentă, astfel ca rezultatele obținute să-mi permită să le caracterizez prin comportarea mixturilor asfaltice.

Tipul de mixtură fabricat a fost b.a.16.60 /120/ /121/ /122/ și a constituit stratul de uzură al îmbrăcămintei care s-a așternut pe drumul existent. Secțiile experimentale au fost amplasate pe DN 2 A Urziceni - Slobozia, între Km 39+798 și Km 39+966.

#### 3.2.1. Dozaje aplicate la fabricarea mixturilor

Dozajele de lucru au fost stabilite în laborator pe baza materialelor existente în stoc la șantier și care au fost constituite din:

- cribluri din andezit de la cariera Malnaș;
- nisip natural de râu;
- filer de calcar de la Fabrica Murfatlar.

Față de caracteristicile acestor materiale, mixtura aplicată a corespuns dozajelor:

criblură 8-16 =	20 %
criblură 3-8 =	30 %
nisip concasaj =	15 %
nisip natural =	25 %
filer =	10 %

Bitumul s-a adăugat în cantitate de 6,8 % raportat la masa mixturii și a fost stabilit astfel ca rezultatele caracteristicilor fizico-mecanice să se încadreze cerințelor de calitate impuse pentru betonul asfaltic de prescripțiile normelor în vigoare așa cum rezultă din datele înscrise în tabelul V.3.15. - V.3.22. (anexa V, pag. 7-18).

Curba granulometrică a agregatului mineral din mixtură este prezentată în fig. V.3.7. și se înscrie în zona centrală a

meniului prescris de normele în vigoare.

### 3.2.2. Condițiile de fabricație ale mixturilor asfaltice

Mixtura asfaltică a fost fabricată într-o instalație tip AMG prevăzută cu topitor pentru prepararea amestecurilor de bitum, care în toate cazurile au fost pregătite în ziua premergătoare fabricației mixturii, pentru a se evita supraîncălzirea.

Temperatura la prelucrare a fiecărui bitum s-a menținut în limite apropiate temperaturilor corespunzătoare vîscozității de 200 cP, conform datelor prezentate în tabelul V.3.13. Acestea prezintă temperaturi optime pentru asigurarea unei peliculizări uniforme și totale a bitumului pe suprafața granulelor de agregat mineral la malaxare.

#### Temperaturile de prelucrare a mixturilor asfaltice

Tabelul V.3.13.

Temperatura, °C :	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
de echivîscozitate, EVT 200 cP	148	152	145	136
de încălzire a bitumului	150	158	150	145
de încălzire a mixturii	150	155	150	140

Temperatura agregatelor minerale la prelucrare a variat între 165-180°C, iar a mixturilor asfaltice în jurul valorilor înscrise în tabelul V.3.13.

### 3.2.3. Condițiile de punere în operă a mixturilor asfaltice

Mixtura asfaltică s-a așternut mecanic, iar compactarea s-a efectuat cu un cilindru compactor cu rulouri netede de 120.000 kN prin 15-18 treceri de la margine către axă.

Temperatura la cilindrare a atestat valori în jurul valorilor EVT 20.000 cP corespunzătoare fiecărui bitum, așa cum rezultă din tabelul V.3.14.

Temperatura mixturilor asfaltice la cilindrare

Tabelul V.3.14.

Temperatura, °C :	R a f i n ă r i a :			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajou
- de echivîscozitate, EVT 20.000 cP	80	84	80	76
- mixturii la cilin- drare	85	85	85	80

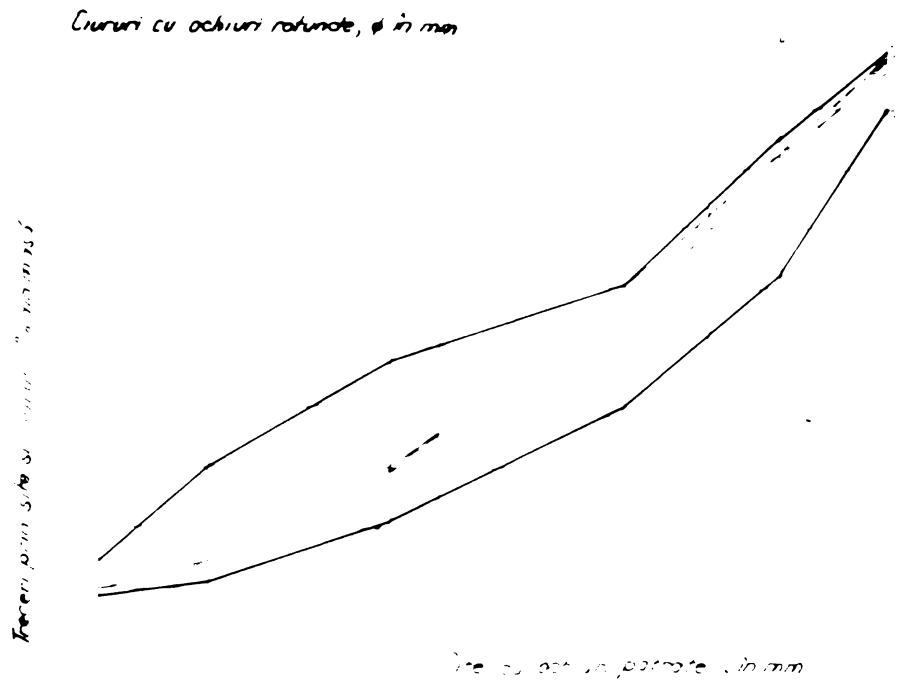
3.2.4. Rezultatele cercetării privind calitatea mixturilor asfaltice fabricate în cadrul lucrărilor experimentale

Cercetările efectuate în cadrul fazei de experimentare s-am desfășurat ținînd seama de importanța caracterizării mixturilor asfaltice față de cele două etape principale de evoluție ale unui bitum folosit ca liant în lucrările de drumuri; procesul de fabricație al mixturilor asfaltice și comportarea în exploatare a mixturilor asfaltice puse în operă, față de o perioadă de circulație timp de un an. În acest sens probele de mixturi asfaltice subse cercetărilor au fost constituite din probe de mixtură preluate de la stația de malaxare pe parcursul preparării și din carote extrase din secțiunile experimentale după un an de la darea în circulație. În unele cazuri, pentru completarea datelor de evoluție am cercetat și caracteristicile carotelor prelevate după o lună de circulație.

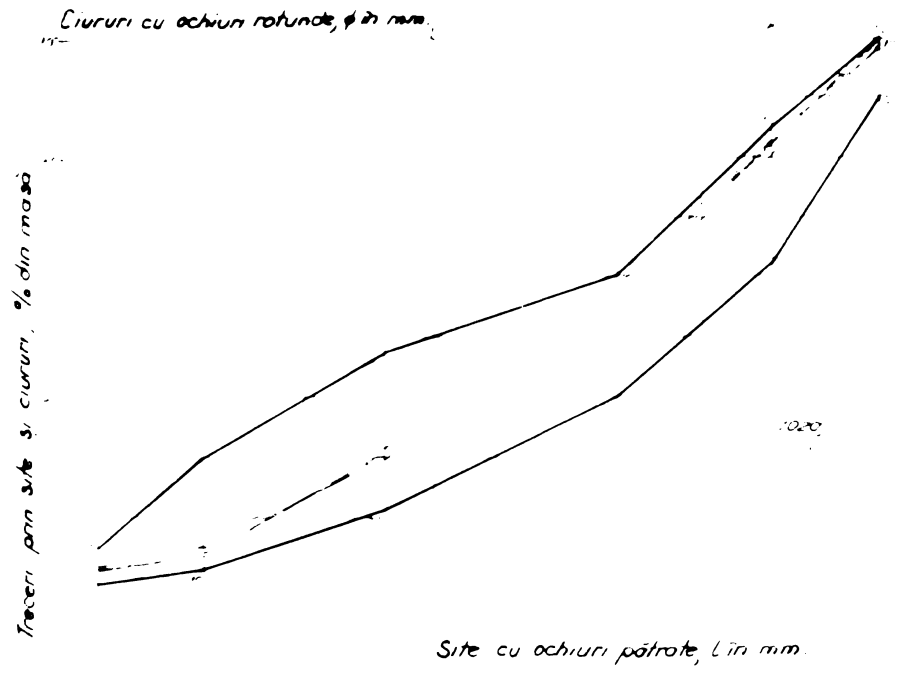
Dat fiind că prin experimentare am urmărit stabilirea comportării bitumurilor în condiții reale de folosință și respectiv caracterizarea calității efective de liant rutier, cadrul investigațiilor asupra calității mixturilor experimentate l-am lărgit comparativ studiului efectuat asupra mixturilor preparate în laborator și cercetarea am axat-o cu precădere pe comportarea reologică, considerînd că este mai semnificativă pentru scopul urmărit.

Schema propusă a implicat un volum important de încercări întrucît testarea a impus determinări paralele pentru toate mixturile, respectiv pentru toate bitumurile și în egală măsură pentru toate etapele de evoluție.

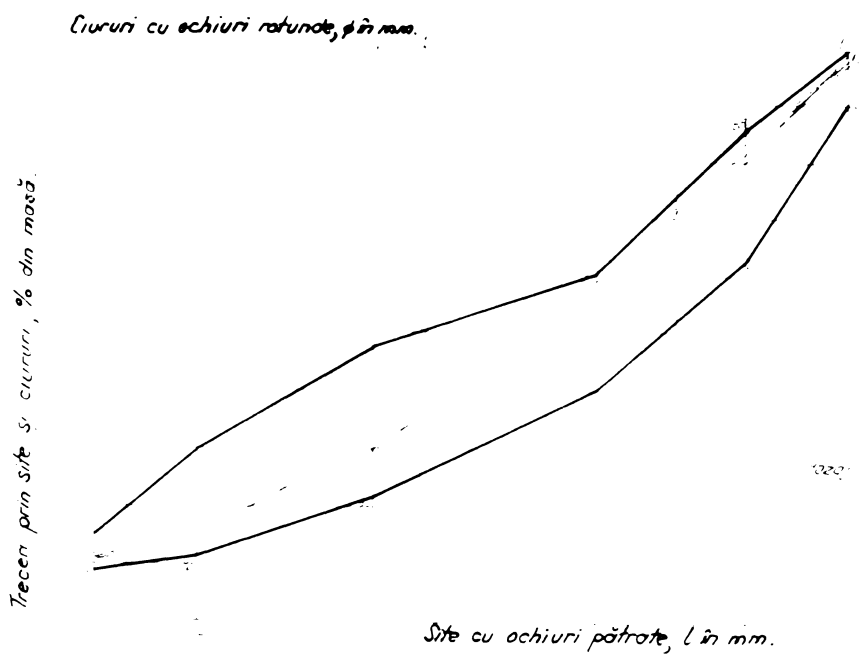
Studiul de caracterizare al influenței bitumurilor



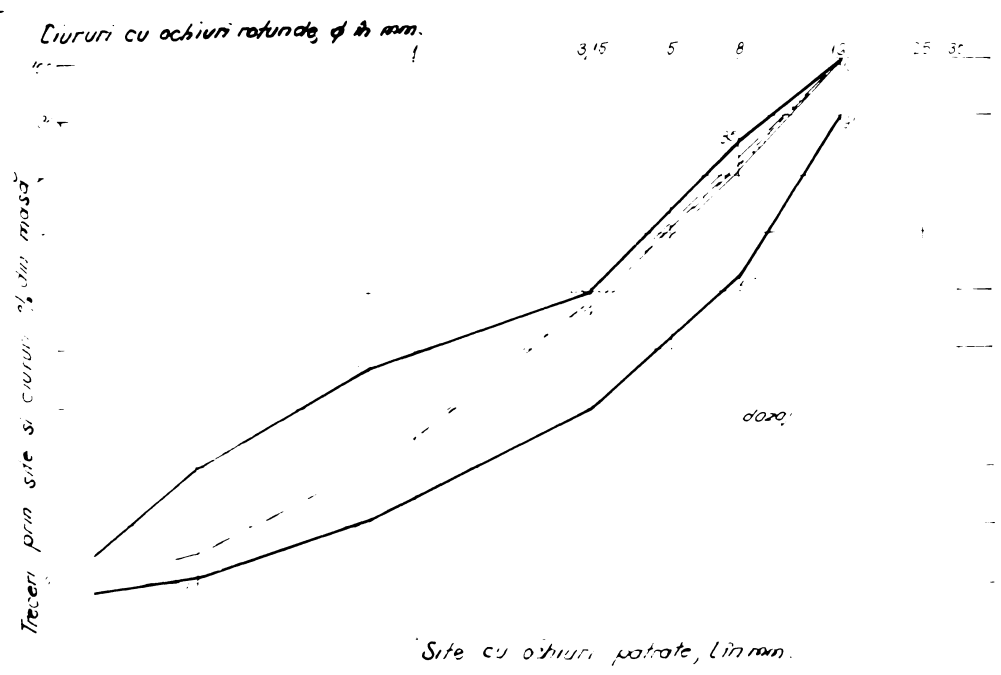
**Fig.V.3.8. CURBA GRANULOMETRICA A AGREGATULUI MINERAL DIN MIXTURA FABRICATA LA SANTIÉR CU BITUM DE LA RAFINARIA VEGA**



**Fig.V.3.9. CURBA GRANULOMETRICA A AGREGATULUI MINERAL DIN MIXTURA FABRICATA LA SANTIÉR CU BITUM DE LA RAFINARIA Nr. 1 PLOIESTI**



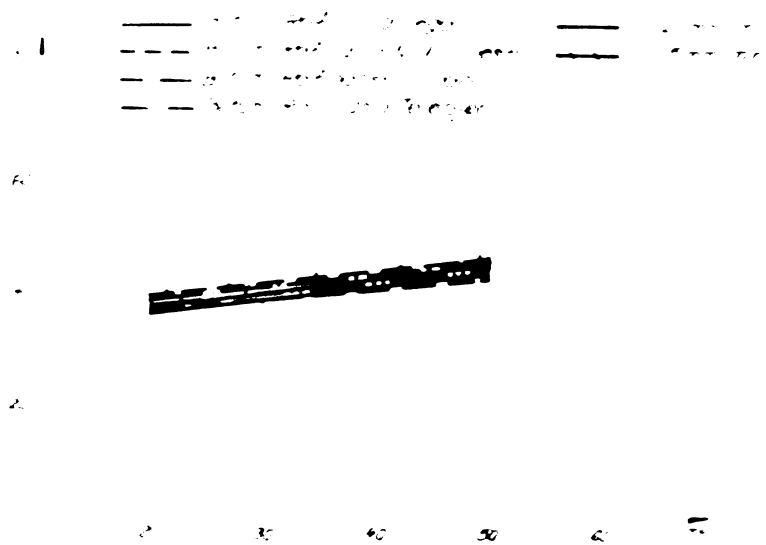
**Fig.V.3.10. CURBA GRANULOMETRICĂ A AGREGATULUI MINERAL DIN MIXTURA FABRICATĂ LA SANTIÉR CU BITUM DE LA RAFINARIA CRISANA**



**Fig.V.3.11. CURBA GRANULOMETRICĂ A AGREGATULUI MINERAL DIN MIXTURA FABRICATĂ LA SANTIÉR CU BITUM DE LA RAFINARIA TELEAJEN**



**Fig.V.3.16. UNGHUL DE FRECARÉ INTERNA AL MIXTURILOR (P)  
PRELEVATE DE LA FABRICATIE**



asupra mixturilor asfaltice l-am bazat pe o cercetare prealabilă care să-mi confirme asigurarea posibilităților comparării rezultatelor între ele, respectiv a mixturilor între ele. Acesta a constat din:

- verificarea compoziției care să confirme aceeași alcătuire pentru toate mixturile. În acest sens rezultatele investigațiilor înscrise în tabelul V.3.15. - V.3.18. (anexa V, pag.7-10) arată respectarea dozajelor la prelucraro, întrucît curbele granulometrice pentru toate mixturile se înscriu acoleași zone centrale prevăzută (fig. V.3.8. - V.3.11.), iar conținutul de liant se încadrează limitelor de toleranță admisibile;

- verificarea constanței de alcătuire a structurii epruvetelor pentru testare. Si în acest sens rezultatele înscrise în tabelele V.3.19. - V.3.22. (anexa V, pag. 11-18) și fig.V.3.14. confirmă prin valorile apropiate ale densității aparente și ale unghiului de frecare interioară că epruvetele atestă o constituție similară și mixturile asfaltice un schelet mineral comun;

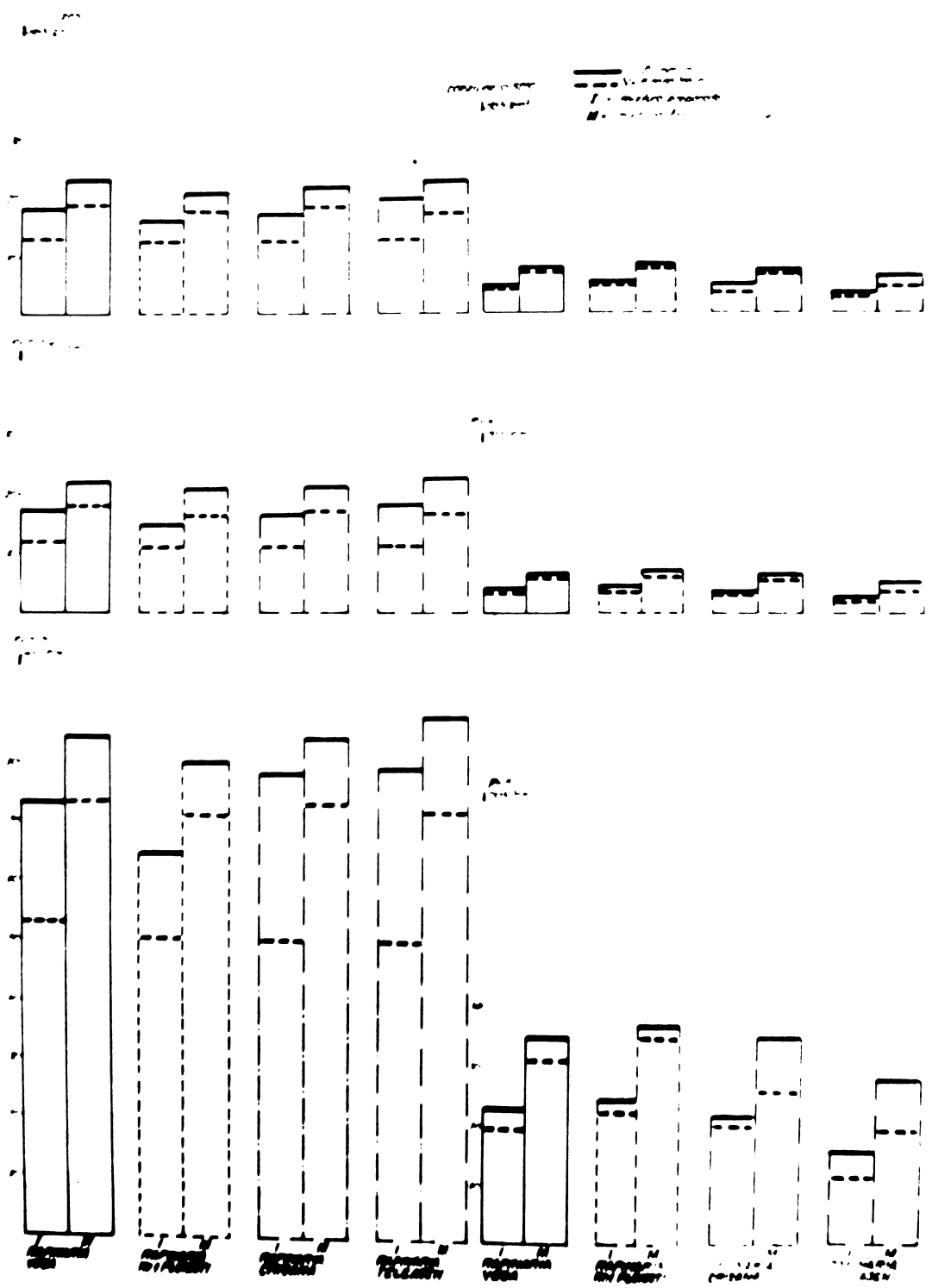
- verificarea înscrierii caracteristicilor de calitate curente în cerințele normelor în vigoare.

Rezultatele investigațiilor prezentate în tabelole V.3.19. - V.3.22. (anexa V, pag. 11-18) arată, ca și în cazul mixturilor preparate în laborator, caracteristici conforme, cu excepția comportării față de apă a mixturilor fabricate cu bitum de la rafinările Vega, Crișana și Teleajen care este necorespunzătoare și care se datorește lipsei de adozivitate a bitumurilor față de agregatele minerale din andezit.

Intrucît aceste condiții preliminare au fost asigurate rezultatele cercetării mi-au dat posibilitatea comparării mixturilor între ele și pe baza acestei examinări să desprind că mixturile asfaltice manifestă față de condiții similare de solicitare acoleași caracteristici de comportare stabilite și în cadrul cercetărilor asupra mixturilor preparate în laborator, așa cum rezultă din datele înscrise în tabelul V.3.23.

Față de această constatare, urmîrind comportarea pe baza valorilor rezistențelor la rupere plastică din determinările prin compresiune și tracțiune - fig. V.3.2. și V.3.13. - prin determinarea stabilității Marshall - fig. V.3.12. - și prin determinarea rezistenței la întindere din încovoiere - fig. V.3.5. - am desprins:

**Fig. 1.3.10. REZISTENȚA LA COMPRESIUNE ( $R_c$ ) LA TRACȚIUNE ( $R_t$ ) ȘI ÎN ORDINELE ȘI  
ALE BĂLĂȘTELOR CĂRĂBĂȘI**



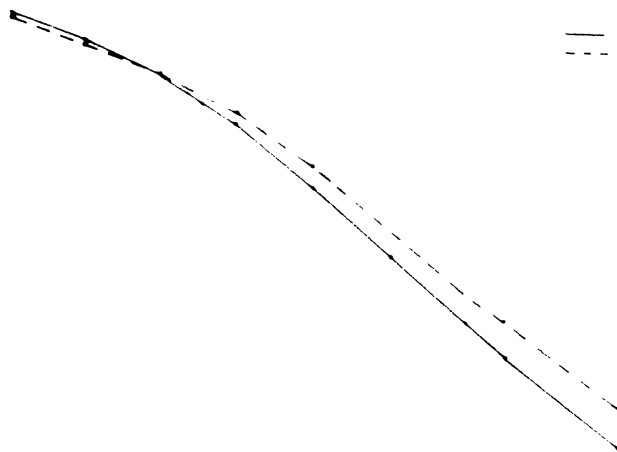
Caracteristicile mixturilor asfaltice pre-  
parate în laborator și în instalația indus-  
trială

Taboulul V.3.23.

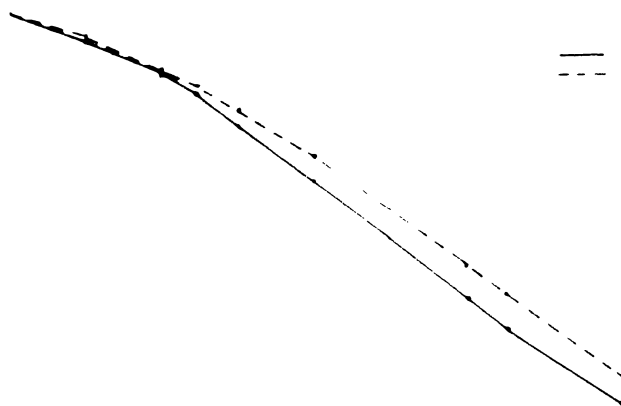
Caracteristicile mixturilor asfaltice	Mixtură preparată cu bitum de la ra- finăria:			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajon
<u>Stabilitate Marshall</u>				
- mixtură preparată în laborator, daN	950	1050	1000	800
- mixtură prelevată de la șantier, daN	1150	1350	1150	900
<u>Indice de curgere</u>				
- mixtură preparată în laborator, mm	3,0	3,0	3,3	4,3
- mixtură prelevată de la șantier, mm	2,7	2,5	2,6	4,1
<u>Rezistența la compresiune la 50°C</u>				
- mixtură preparată în laborator, daN/cm <sup>2</sup>	9,0	10,0	8,6	6,0
- mixtură prelevată de la șantier, daN/cm <sup>2</sup>	13,0	15,0	14,0	9,4
<u>Rezistența la compresiune la 22°C</u>				
- mixtură preparată în laborator, daN/cm <sup>2</sup>	34,0	30,0	33,0	35,0
- mixtură prelevată de la șantier, daN/cm <sup>2</sup>	48,0	42,2	46,0	49,2

- rezistențe mai ridicate la rupere plastică în dome-  
niul temperaturilor scăzute pentru mixturile fabricate cu bitum  
parafinos, iar dintre cele fabricate cu bitumuri neparafinoase,  
pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești  
rezistențele cele mai reduse; din aceste valori asociate celor  
corespunzătoare săgeții critice am stabilit că mixtura fabricată  
cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești are caracteristici de com-  
portare mai plastică în timp ce mixtura fabricată cu bitum de la  
rafinăria Teleajon tendință de rigidizare mai pronunțată, iar  
cele fabricate cu bitumuri de la rafinările Crișana și Vega  
ca atestând comparativ celorlalte, comportări intermediare;

**Fig. K.3.15. VARIAȚIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $E_m$ ) AL MIXTURILOR FABRICATE CU BITUMI DE LA RAFINĂRIA VEGA, ÎN FUNCȚIE DE TEMPERATURĂ (T)**



**Fig. K.3.16. VARIAȚIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $E_m$ ) AL MIXTURILOR FABRICATE CU BITUMI DE LA RAFINĂRIA NR.1 PLOIESTI, ÎN FUNCȚIE DE TEMPERATURĂ (T)**



- în domeniul temperaturilor obișnuite,  $20^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$ , comportarea mixturilor este apropiată, dar păstrează același caracter de comportare ca la temperaturi scăzute;

- în domeniul temperaturilor ridicate diferențierile de comportare devin din nou mai evidente arătând de această dată o deformabilitate mai mare pentru mixtura fabricată cu bitum parafinos și o rezistență mai mare la deformare, indiferent de viteză de încercare, la mixturile fabricate cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești, în timp ce celelalte două mixturi se mențin cu valori intermediare;

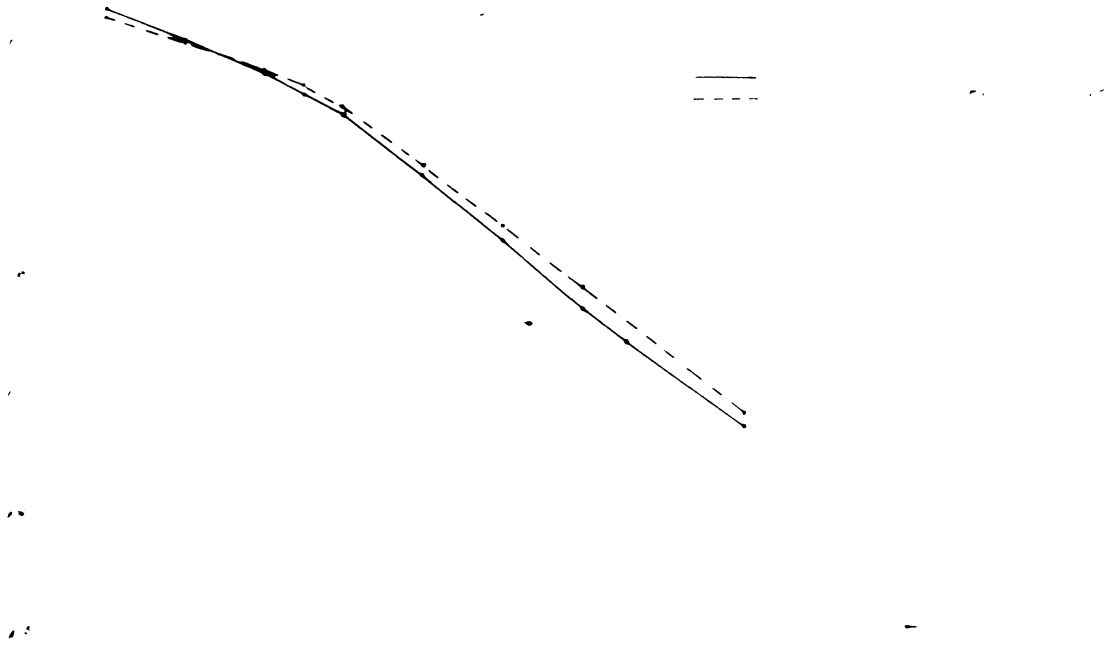
- indicii de caracterizare ai susceptibilității termice înscrși în tabelul V.3.25. confirmă prin valorile lor tendința de deformare mai redusă în domeniul temperaturilor scăzute și mai mare în domeniul temperaturilor ridicate a mixturilor fabricate cu bitum parafinos, precum și susceptibilitatea la deformare mai mare în domeniul temperaturilor scăzute a mixturilor preparate cu bitumuri neparafinoase și mai mică în domeniul temperaturilor ridicate.

Urmărind comportarea reologică a mixturilor asfaltice prin determinarea valorilor modulilor de rigiditate în condiții de temperatură de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  și durate de acționare a sarcinii de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec la  $1 \cdot 10^4$  sec și ținând seama de caracteristicile lianților conținuți în fiecare mixtură, am desprins, luând în considerare fazele de investigare semnalate, următoarele:

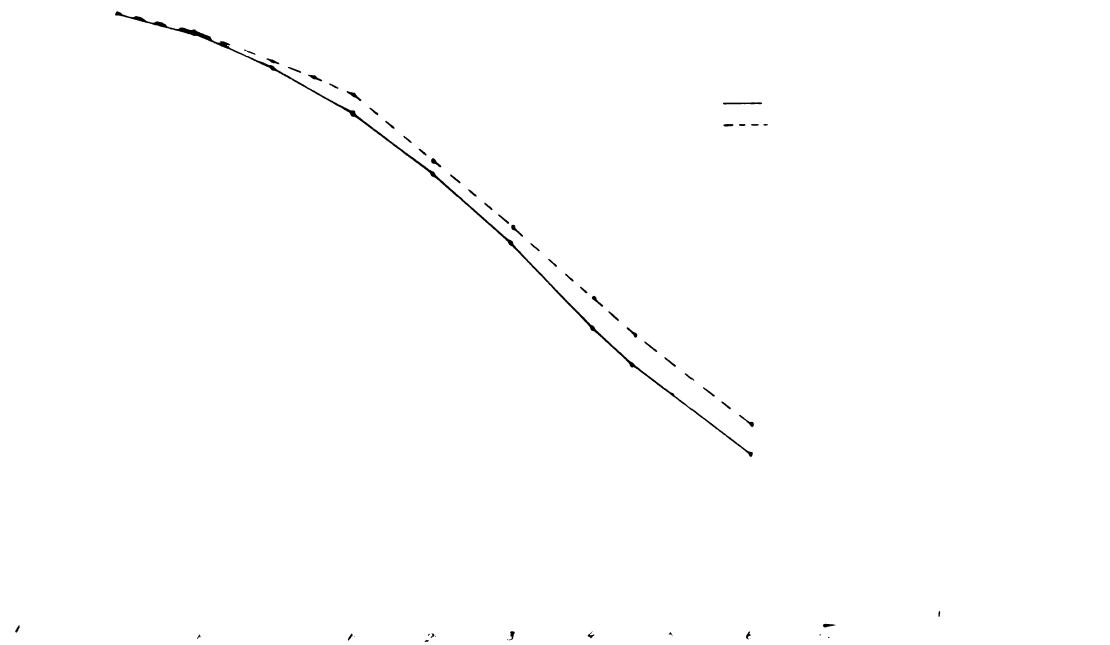
- examinarea mixturilor prelevate de la fabricație:

. modul de comportare al mixturilor asfaltice după etapa de fabricație față de o durată de solicitare curentă în exploatare, de 0,1 sec (corespunzătoare unei viteze de circulație de 50 km/oră) este asemănător bitumurilor întrucât alura curbelor de curgere a mixturilor înscrise în fig. V.3.15. - V.3.18. indică similar bitumurilor (fig. III.3.5.) o comportare visco-elastică, respectiv în domeniul temperaturilor scăzute o comportare mai evident influențată de componenta elastică, pentru ca pe măsura creșterii temperaturii influența acestei componente să se diminueze și să se manifeste din ce în ce mai pregnant componenta viscoasă. Prezența agregatului mineral în mixtură crește rezistența la curgere fără a modifica modul de comportare al bitumurilor, întrucât schimbările de stare se mențin aceleași la mixturi ca și la bitumuri, numai valoric modulul de rigiditate înregistrează creșteri în

**Fig. V.3.17. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE( $S_m$ )AL MIXTURILOR FABRICATE CU BITUMI DE LA RAFINARIA CYPRANA IN FUNCTIE DE TEMPERATURA (T)**



**Fig. V.3.18. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE( $S_m$ )AL MIXTURILOR FABRICATE CU BITUMI DE LA RAFINARIA TELEAJEN IN FUNCTIE DE TEMPERATURA (T)**



toate cazurile, în raport cu modulul bitumului;

Caracteristicile mixturilor determinate la temperatura de 50°C

Taboul V.3.24.

C a r a c t e r i s t i c i	Mixtură preparată cu bitum de la rafinăria:			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
<u>Viteza de încercare = 5 mm/min</u>				
- Rezistența la compresiune, daN/cm <sup>2</sup>	30,4	34,4	30,6	19,0
- Rezistența la tracțiune, daN/cm <sup>2</sup>	5,4	5,8	5,2	3,4
- Coeziunea, daN/cm <sup>2</sup>	6,4	7,8	6,3	4,0
<u>Viteza de încercare = 20 mm/min</u>				
- Rezistența la compresiune, daN/cm <sup>2</sup>	34,5	36,5	33,0	27,5
- Rezistența la tracțiune, daN/cm <sup>2</sup>	6,4	6,8	6,0	5,0
- Coeziunea, daN/cm <sup>2</sup>	7,4	7,8	7,0	5,8

Susceptibilitatea termică a mixturilor asfaltice

Taboul V.3.25.

C a r a c t e r i s t i c i	Mixtură preparată cu bitum de la rafinăria:			
	Vega	Nr.1 Ploiești	Crișana	Teleajen
<u>Viteza de încercare = 20 mm/min.</u>				
- Rc 22/Rc 50	3,7	2,8	3,3	5,2
- Rc 20/Rc 50	2,4	2,2	2,5	3,2
<u>Viteza de încercare = 5 mm/min</u>				
- Rc 20/Rc 50	2,4	2,1	2,4	3,8
<u>Viteza de încercare = 10 mm/min</u>				
- Rf 0/Rf 10	1,4	1,5	1,4	1,3

. modul de comportare al mixturilor se menține asemănător bitumarilor și în condițiile unor durate de solicitare mai mari și respectiv mai mici de 0,1 sec. Alura curbelor de curgere



Fig. V.3.19. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $G_m$ ) CU TEMPERATURA (T) - RAFINAREA VEHA

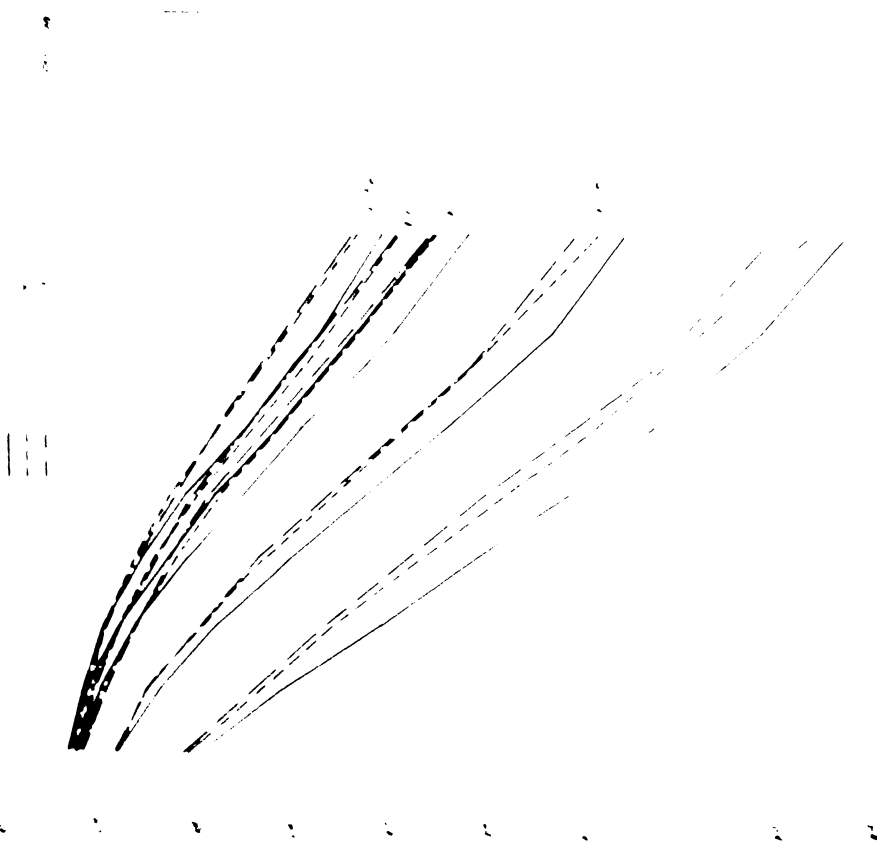
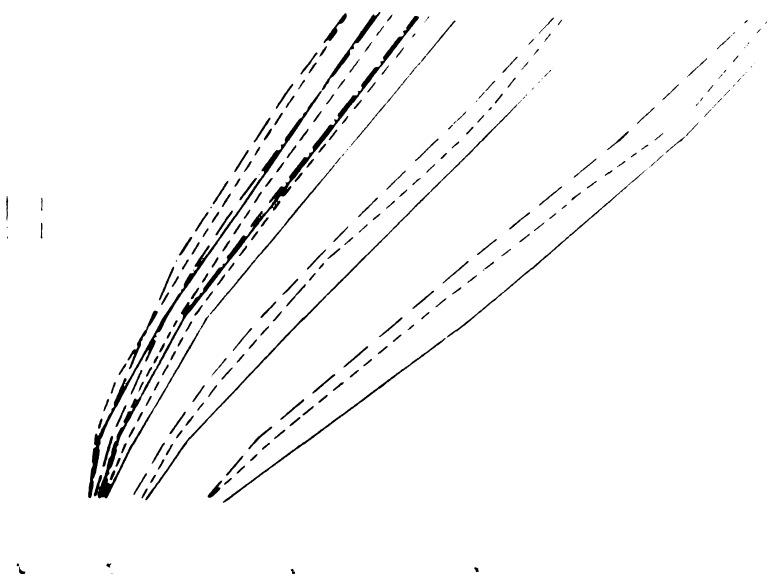
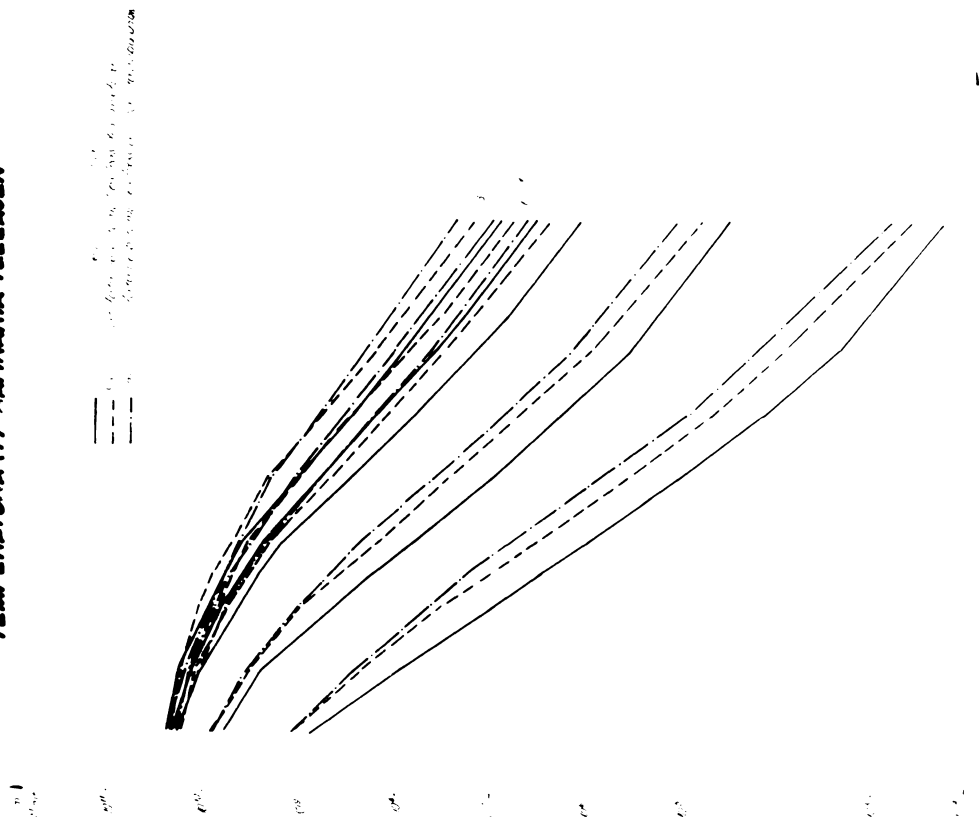


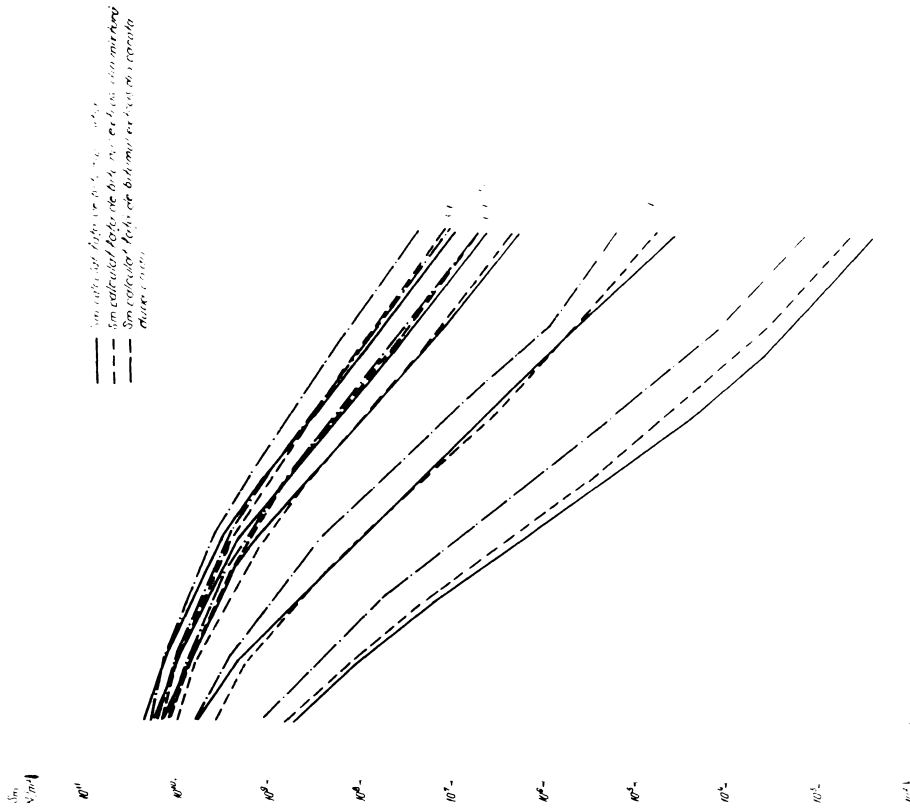
Fig. V.3.20. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $G_m$ ) CU TEMPERATURA (T) - RAFINAREA NR. 14 CHESTI



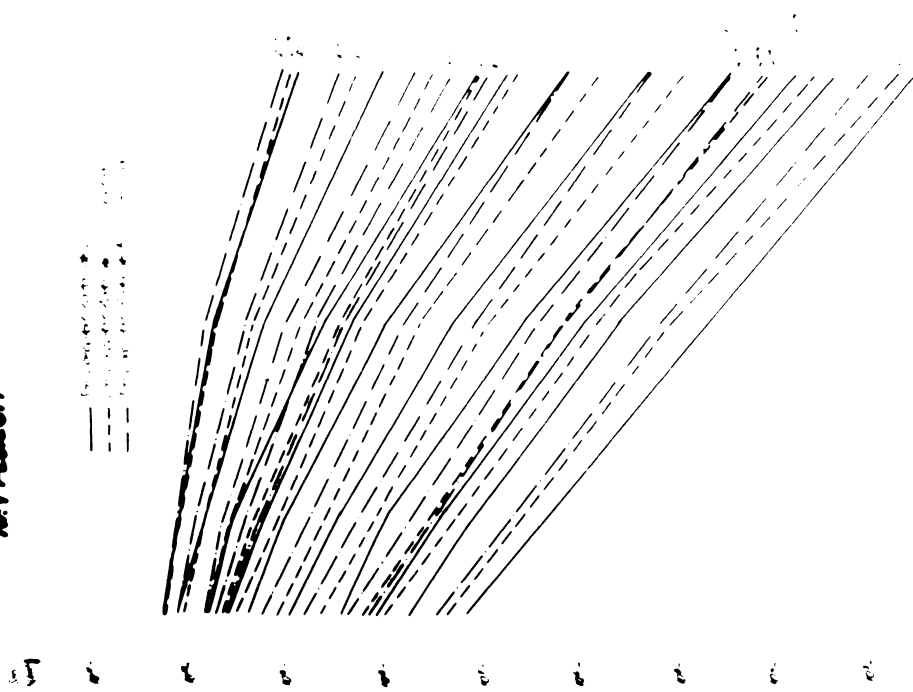
**Fig. V.3.22. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE (Sm) CU TEMPERATURA (T) - RAFINARIA TELEAJEN**



**Fig. V.3.21. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE (Sm) CU TEMPERATURA (T) - RAFINARIA CRISANA**



**Fig. 2.3.A. VARIETIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $E_{mod}$ ) CU CURBURA DE ACTIONARE A SARCINII (2) — RAZIMAREA Nr. 1 PLUMBETI**



**Fig. 2.3.B. VARIETIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $E_{mod}$ ) CU CURBURA DE ACTIONARE A SARCINII (2) — RAZIMAREA VERBA**

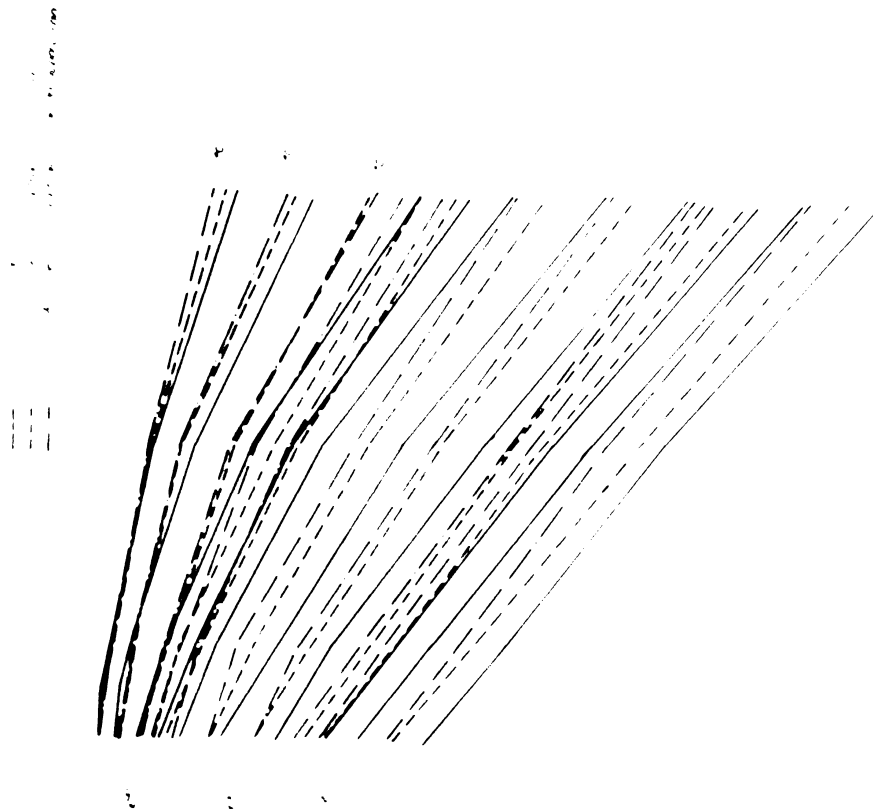


Fig. V.3.26. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $S_m$ ) CU DURATA DE ACTIONARE A SARCINII (I) - RAFINARIA TELEAZEN

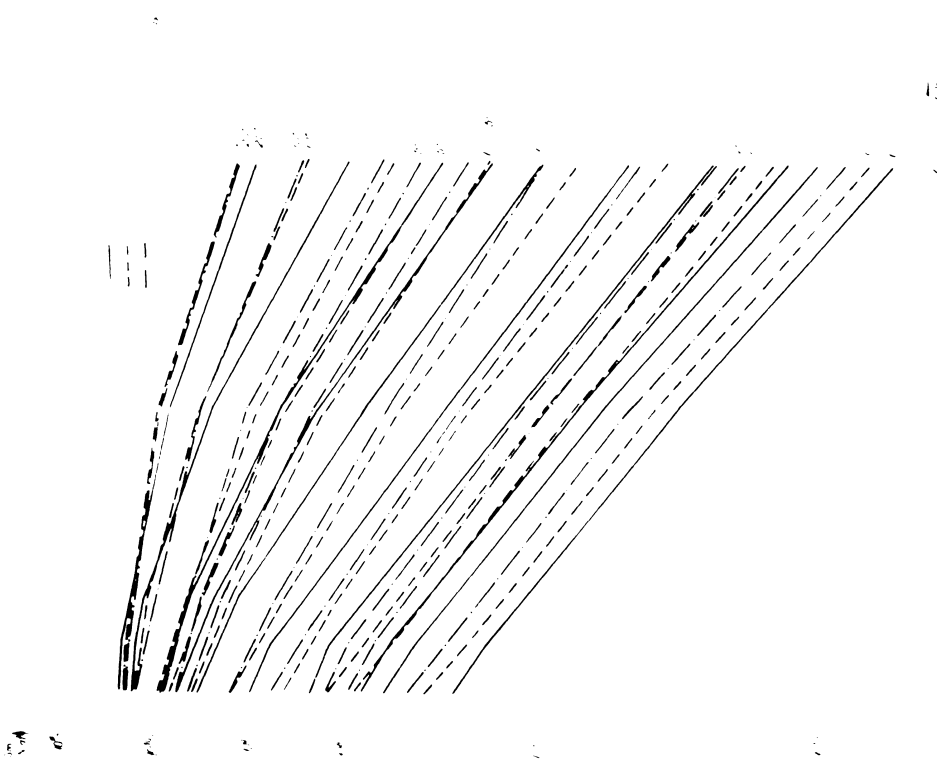
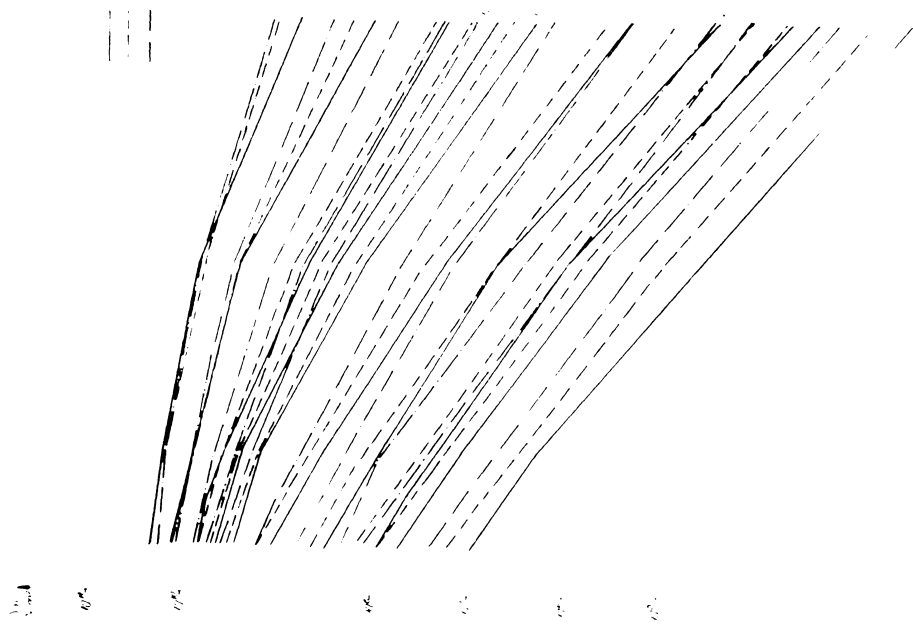
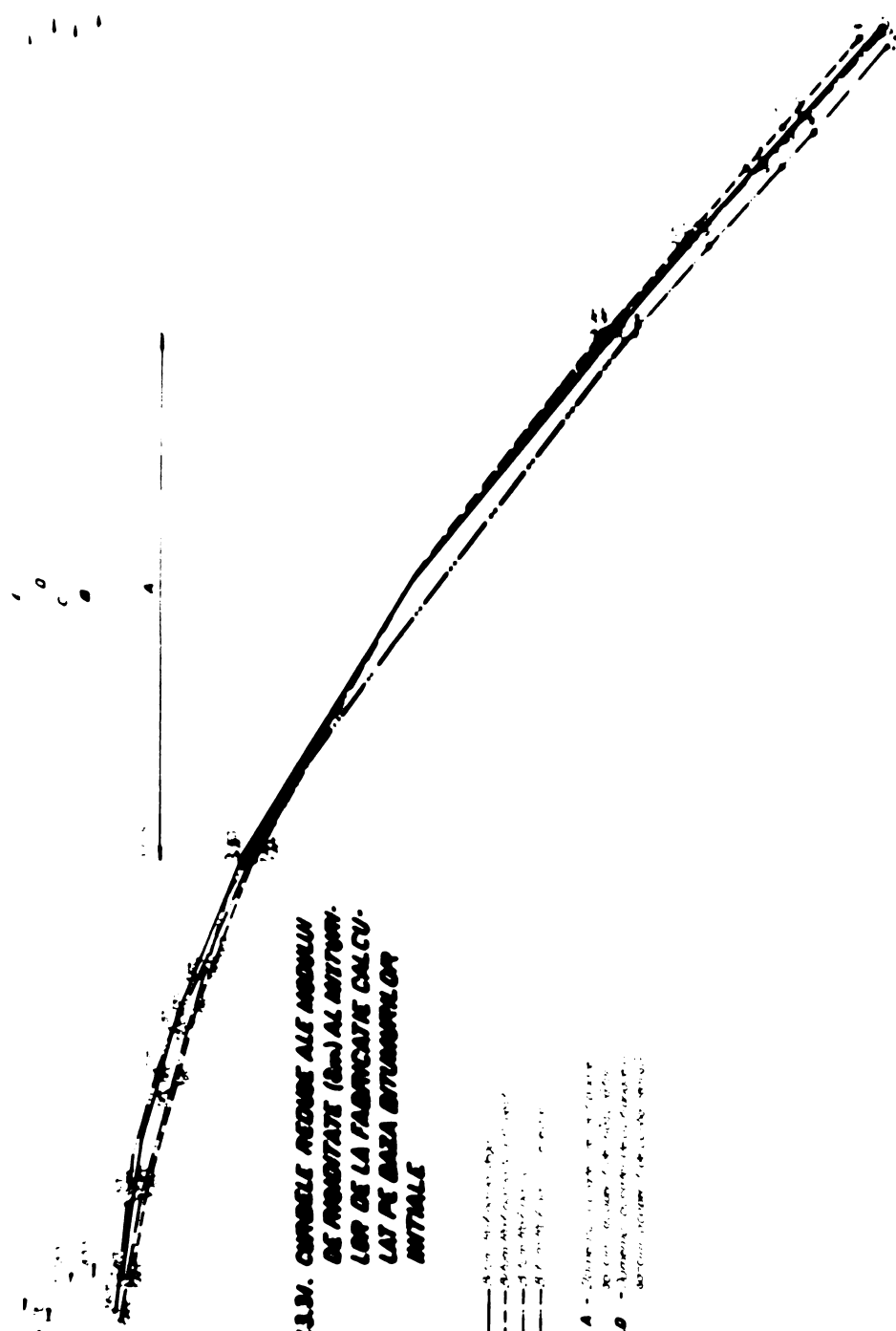


Fig. V.3.25. VARIATIA MODULULUI DE RIGIDITATE ( $S_m$ ) CU DURATA DE ACTIONARE A SARCINII (I) - RAFINARIA CIBRAMA





**Fig. 1.3.3. CURBELE REZERVE ALE ARABULUI  
DE ANCHITATE (Bm) AL ANITURRI-  
LOR DE LA FABRICAȚE CALCU-  
LAT PE BAZA DITURORTELOR  
INITIALE**

———— 1. Curba de rezerva  
 - - - - - 2. Curba de rezerva  
 - · - · - 3. Curba de rezerva  
 A - Punctul de rezerva  
 BCD - Punctele de rezerva  
 (Punctele de rezerva sunt marcate  
 cu cercuri mici și săgeți)

corespunzătoare funcțiilor  $S_m = f(t)$  înscrise în fig. V.3.19. - V.3.22. pentru fiecare mixtură pentru condițiile unei durate de solicitare de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec la  $1 \cdot 10^4$  sec este similară biturilor relevând rigidități crescute în domeniul solicitărilor de scurtă durată și comportare predominant elastică; reducerea stării de rigidizare pe măsura creșterii duratei de solicitare cu manifestarea mai accentuată a componentei viscoase;

. efectul exercitat de temperatură asupra comportării mixturilor este asemănător efectului produs de durata de solicitare, întrucît curbale de curgere corespunzătoare funcțiilor  $S_m = f(t)$  stabilite în domeniul temperaturilor de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  în fig. V.3.23. - V.3.26., înregistrează un caracter comun;

. similitudinea efectelor produse de temperatură și durata de solicitare manifestată și de comportarea mixturilor ni-a permis trasarea curbelor unice de curgere - fig. V.3.32. - cu alură similară biturilor corespunzătoare. Din alura și decalajul lor am desprins:

.. o apropiere în comportarea mixturilor, explicată de faptul că biturile corespund toate aceleași grupe de consistență în clasificarea biturilor de drumuri și mai ales faptului că penetrația la  $25^{\circ}\text{C}$  a celor patru bitumuri cercetate este apropiată între ele;

.. un caracter specific de comportare al fiecărei mixturi în funcție de bitumul conținut, care confirmă și în condițiile unei solicitări complexe caracteristicii de rigidizare și respectiv de deformabilitate mai accentuate în condițiile solicitărilor extreme în cazul mixturii fabricate cu bitum parafinos și o rigidizare și deformabilitate mai atenuată în cazul mixturilor fabricate cu bitumuri neparafinoase, iar pentru mixturile fabricate cu bitumuri de la rafinăriile Crișana și Vega o comportare situată între a celor fabricate cu bitum de la rafinăria Teleajen și bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești. În condițiile solicitărilor cu valori intermediare, comportarea mixturilor se apropie între ele;

- examinarea carotelor prelevate din sectoarele experimentale:

. comportarea reologică a mixturilor corespunzătoare carotelor prelevate după un an de circulație a îmbrăcămintei soc-

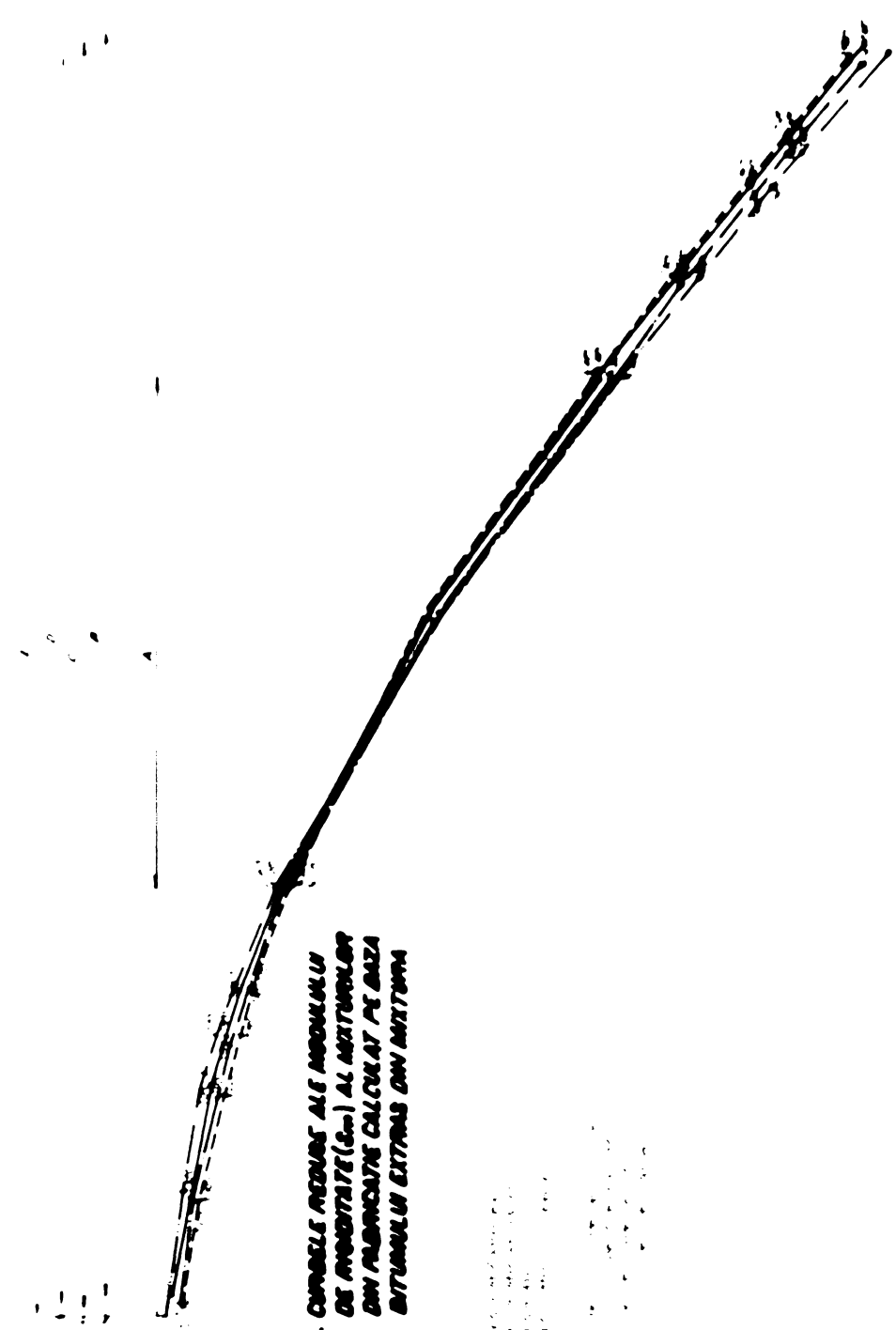
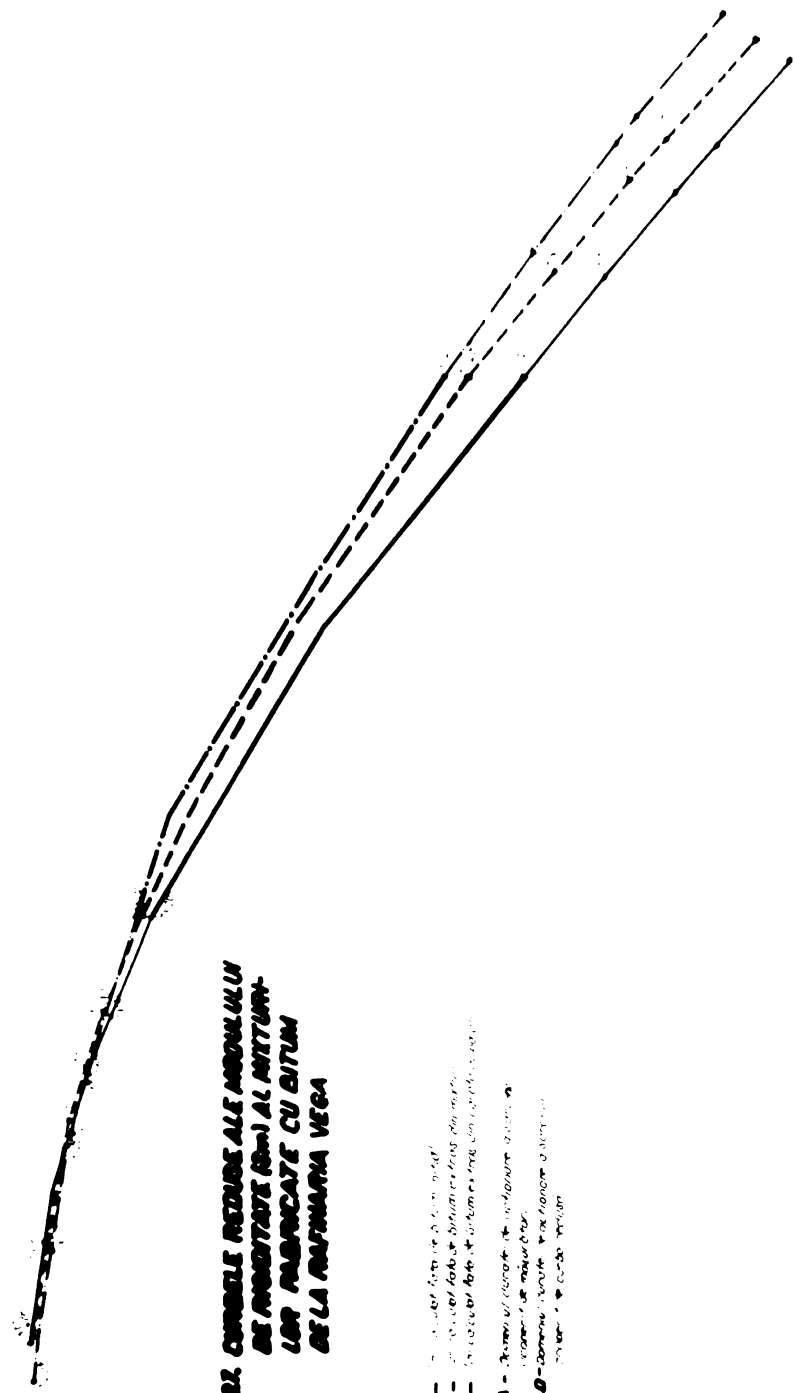


Fig. 1.3.3.3. Corelele rezinate ale ansoulului  
de inalta (6mm) al ansoulului  
din fabricatia calculei pe baza  
bitumului extras din antena

A - ...  
 B - ...  
 C - ...

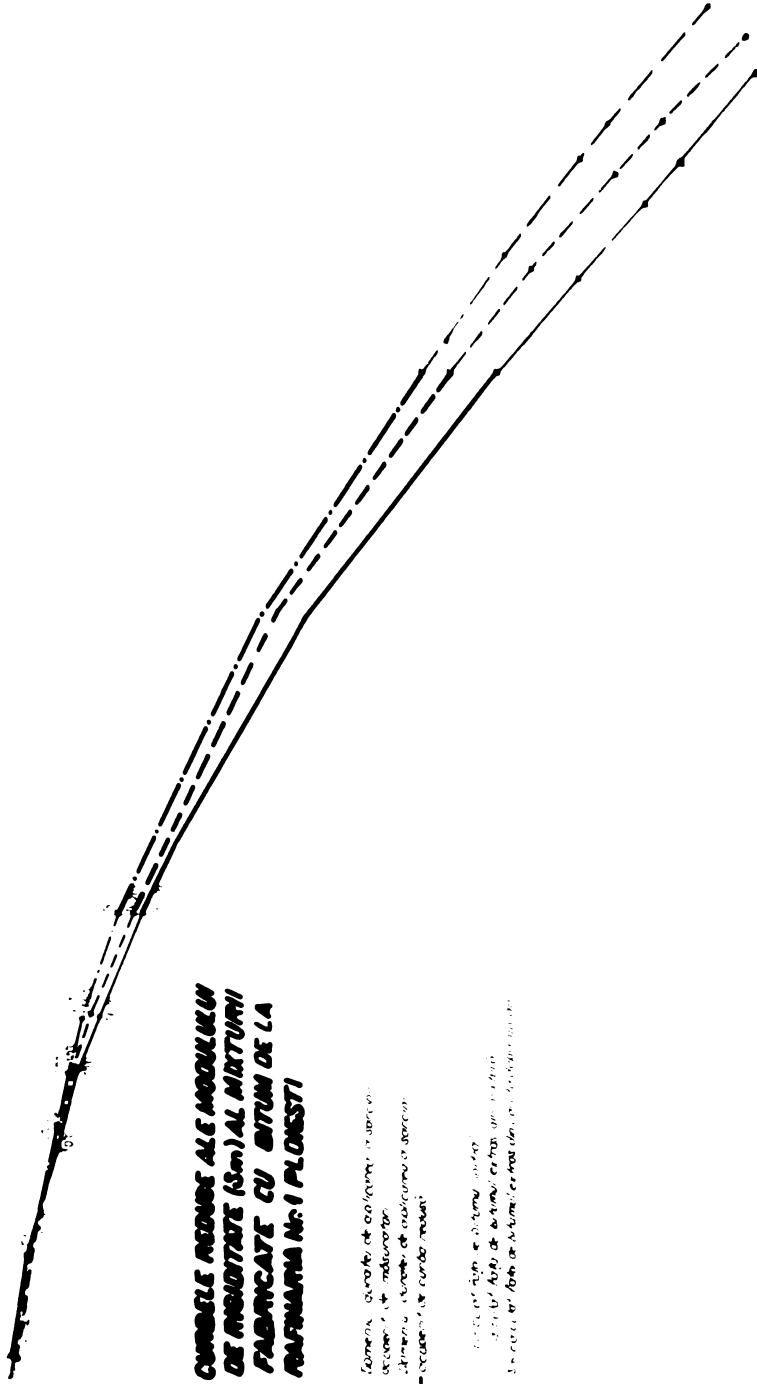


**PROVA DI CARICO RIDUZIONE MODULUM  
 DI RIGIDITÀ (R<sub>0</sub>) AL MITTUM-  
 LER PASCARATE CU BITUM  
 DELLA MARMIARA VEGA**

— — — — —  
 — — — — —  
 — — — — —  
 A - Stato di carico di riferimento  
 B.C.D - Stato di carico di rottura  
 (La scala di carico è indicata nel disegno)



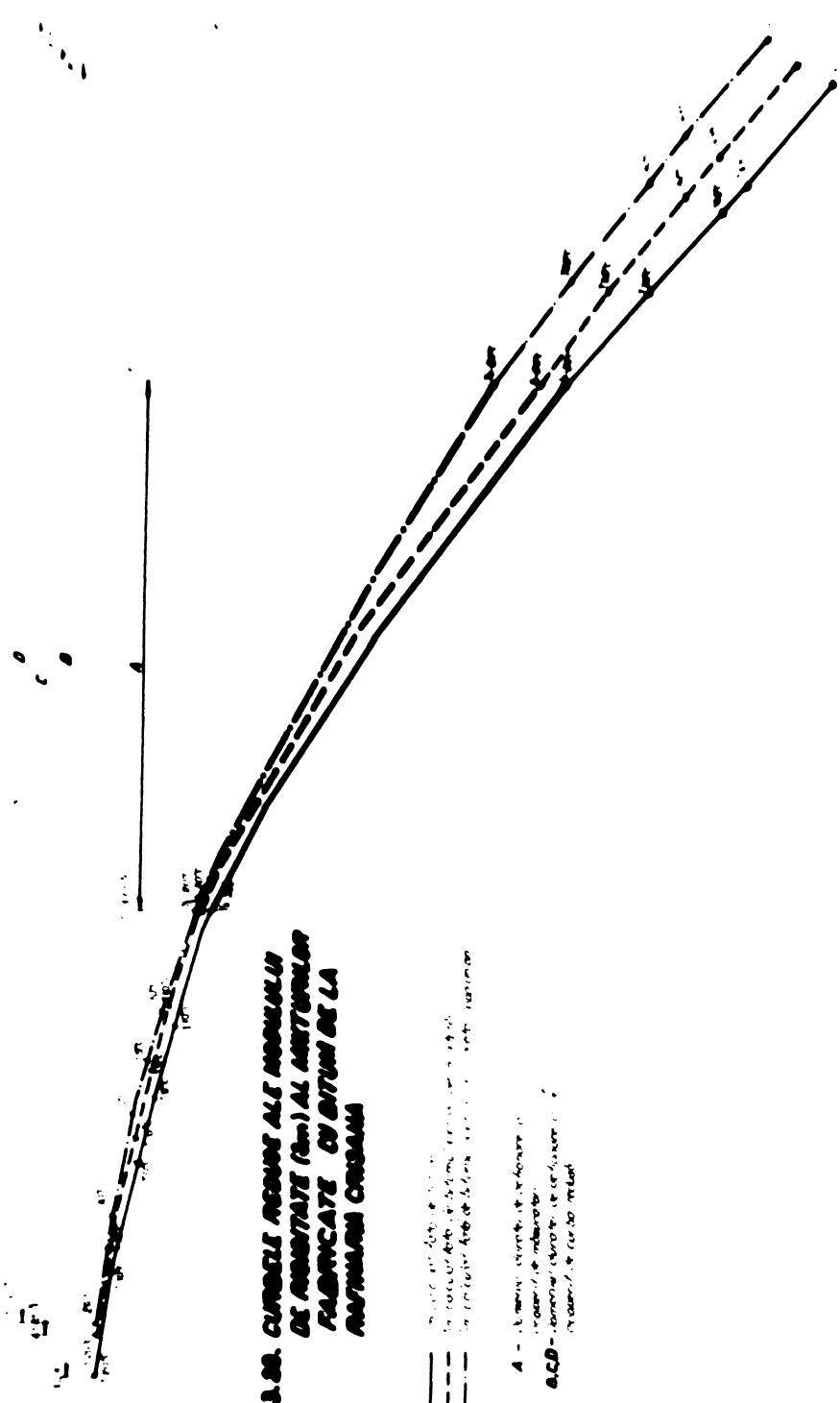




**Fig. V.1.10. CURBELE ROZUITE ALE MODULULUI  
DE INCHIZARE (3m) AL MĂRȚURII  
FĂBRIKATE CU BITUM DE LA  
FABRICA Nr. 1 PLOIEȘTI**

**A** - fațeta, starea de echipare a suprafeței  
de circulație  
Aliniu, starea de echipare a suprafeței  
**ACO** - secțiune de fundație

— — — — — linia de aliniu  
- - - - - linia de aliniu  
- · - · - linia de aliniu



**Fig. V.1.28. CURSURI REGINE ALE MODULULUI  
DE ANCHITATE (0m) AL ANCHITURILOR  
FALSCATE CU SITURI DE LA  
ANCHITURILE CRODANI**

———— linia de referință  
 - - - - - linia de referință  
 - · - · - linia de referință  
 A - linia de referință  
 B - linia de referință  
 C - linia de referință  
 D - linia de referință  
 E - linia de referință  
 F - linia de referință  
 G - linia de referință  
 H - linia de referință  
 I - linia de referință  
 J - linia de referință  
 K - linia de referință  
 L - linia de referință  
 M - linia de referință  
 N - linia de referință  
 O - linia de referință  
 P - linia de referință  
 Q - linia de referință  
 R - linia de referință  
 S - linia de referință  
 T - linia de referință  
 U - linia de referință  
 V - linia de referință  
 W - linia de referință  
 X - linia de referință  
 Y - linia de referință  
 Z - linia de referință  
 1 - linia de referință  
 2 - linia de referință  
 3 - linia de referință  
 4 - linia de referință  
 5 - linia de referință  
 6 - linia de referință  
 7 - linia de referință  
 8 - linia de referință  
 9 - linia de referință  
 10 - linia de referință  
 11 - linia de referință  
 12 - linia de referință  
 13 - linia de referință  
 14 - linia de referință  
 15 - linia de referință  
 16 - linia de referință  
 17 - linia de referință  
 18 - linia de referință  
 19 - linia de referință  
 20 - linia de referință  
 21 - linia de referință  
 22 - linia de referință  
 23 - linia de referință  
 24 - linia de referință  
 25 - linia de referință  
 26 - linia de referință  
 27 - linia de referință  
 28 - linia de referință  
 29 - linia de referință  
 30 - linia de referință  
 31 - linia de referință  
 32 - linia de referință  
 33 - linia de referință  
 34 - linia de referință  
 35 - linia de referință  
 36 - linia de referință  
 37 - linia de referință  
 38 - linia de referință  
 39 - linia de referință  
 40 - linia de referință  
 41 - linia de referință  
 42 - linia de referință  
 43 - linia de referință  
 44 - linia de referință  
 45 - linia de referință  
 46 - linia de referință  
 47 - linia de referință  
 48 - linia de referință  
 49 - linia de referință  
 50 - linia de referință

soarelor experimentale atestă aceleași caracteristici de comportare visco-elastică ca și mixturile prelevate de la fabricație, cu predominanța uneia dintre cele două componente - elastică sau viscoasă - în funcție de valoarea solicitării, așa cum rezultă din reprezentarea grafică a funcțiilor  $S_m = f(T)$  în fig. V.3.19.-V.3.22. și respectiv a funcțiilor  $S_m = f(t)$  în fig. V.3.23.-V.3.26. precum și a funcțiilor  $S_m = f(t, T)$  în fig. V.3.33.;

- examinarea comportării mixturilor pe faze de investi-gare în funcție de evoluția bitumurilor produsă de modificarea compoziției și a structurii.

Luînd în considerare caracteristicile bitumurilor inițiale, ale bitumurilor conținute de mixturile de la fabricație și ale celor din carote, am stabilit modulul de rigiditate al mixturilor față de condițiile în care bitumul nu a suferit o alterare prin prelucrare și față de condiții de modificare (ca urmare acțiunii exercitate de căldură în procesul de fabricație și de acțiunea cumulată a căldurii, agenților climaterici și trafic după punerea în operă). Inscrind valorile obținute grafic pe faze și rafinării am stabilit din curbele de curgere, comparativ, următoarele:

. durificarea bitumurilor prin prelucrare se transmite mixturilor asfaltice printr-un efect de rigidizare înregistrat de creșterea valorică a modulilor de rigiditate în oricare condiție de solicitare, întrucît modificarea stării de structură a bitumurilor determină o modificare corespunzătoare a comportării reologice a mixturilor prin accentuarea caracterului de comportare elastică în domeniul temperaturilor scăzute și a timpilor de solicitare scăzuți și de creștere a rezistenței la deformare în domeniul temperaturilor ridicate și a timpilor de solicitare ridicați. Modificarea rigidității este dependentă de gradul de evoluție a bitumurilor și este marcată de o decalare a curbelor de curgere întroale, de la o fază de transformare la alta, așa cum se desprinde din graficele înscrise în fig. V.3.19. - V.3.26. și fig. V.3.27.-V.3.30;

. efectul produs de căldură asupra bitumurilor, mai pregnant decît efectul agenților de exploatare este marcat în comportarea mixturilor de o creștere mai accentuată a stării de rigidizare în raport cu rigidizarea constatată la mixtura din carote, întrucît curbele de curgere relevă comparativ, o reducere mai mare a dependenței față de valorile solicitării în primul caz, decît

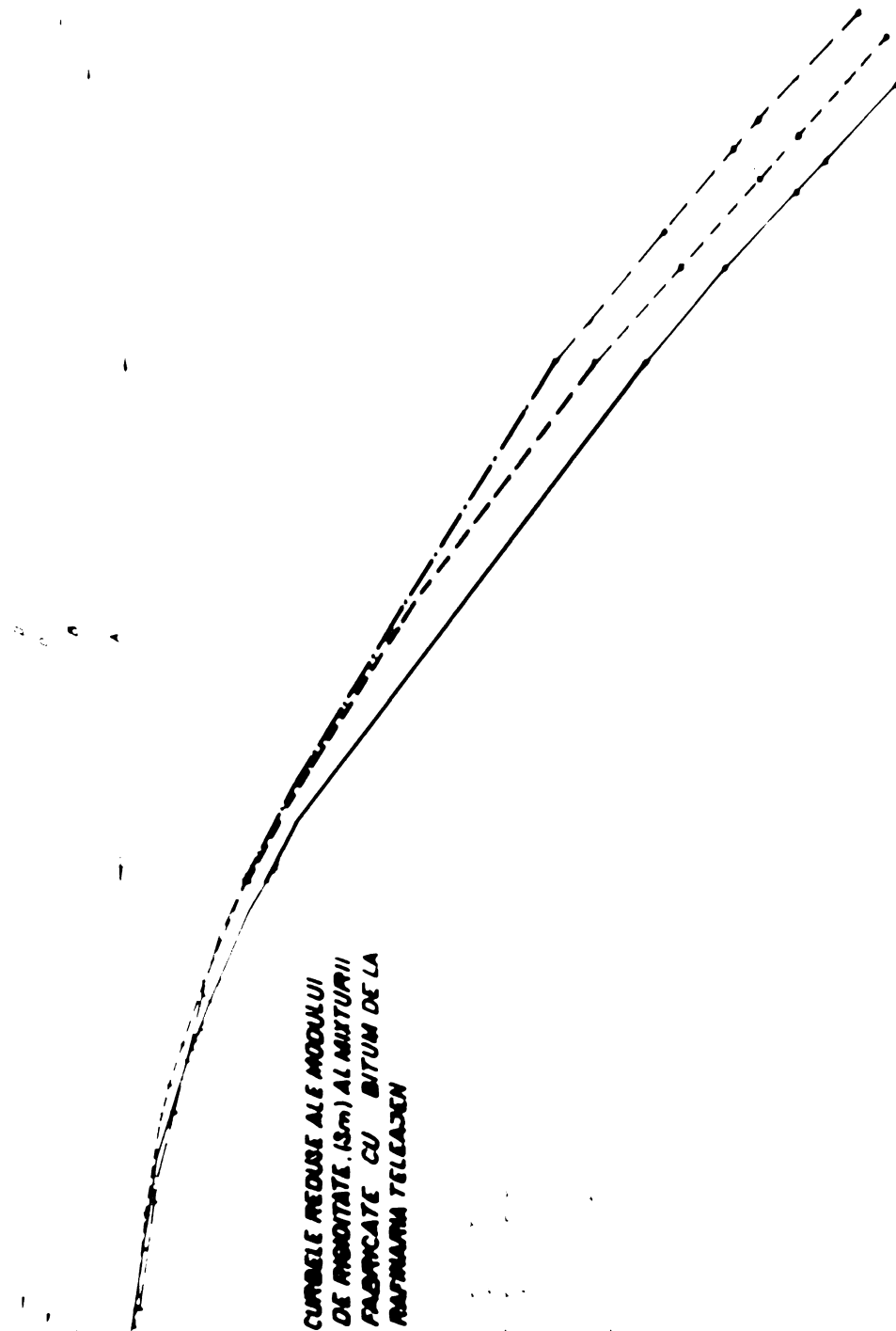


Fig. V.3.30. CURBELE REDUSE ALE MODULUI  
DE RIGIDITATE (S<sub>m</sub>) AL MĂTURIII  
FĂCUTE CU BITUM DE LA  
RAFINARIA TELEAJEN

A - ———  
B - - - -  
C - · · · ·

cel de al doilea. Comportarea apare în alura curbelor și în de-  
ajul lor mai mare în raport cu cele reprezentative pentru mix-  
le cu bitum inițial;

. efectul rigidizării determină stabilizarea compor-  
li mixturilor asfaltice față de acțiunea temperaturii. Ea se  
lențiază indiferent de valoarea duratei de solicitare și se ac-  
tuează odată cu creșterea gradului de durificare a bitumurilor,  
rucit dependența de timp a modulilor de rigiditate se reduce  
ptat așa cum rezultă din graficul înscris în fig. IV.3.35.  
ceptibilitatea termică, a, determinată pe intervale diferite de  
peratură pentru valori ale duratelor de solicitare reduse,  
 $5 \cdot 10^{-2}$  sec și prelungite,  $t = 1 \cdot 10^4$  sec, arată o scădere a va-  
ri de la o fază de transformare a bitumului la alta, cu o oare-  
e apropiere a comportării mixturilor între ele dat fiind că no-  
structură formată, mai gel, este mai rezistentă la deformare.

Ca urmare examinării rezultatelor cercetărilor privind  
portarea reologică a mixturilor asfaltice, am stabilit că simi-  
bitumurilor din care au fost fabricate, mixturile manifestă  
ă de acțiunea solicitărilor, variate ca natură și intensitate, o  
portare vîsco-elastică mai mult sau mai puțin influențată de una  
cealaltă dintre componente în funcție de caracteristicile bitu-  
ui conținut și de gradul lui de îmbătrînire. Dat fiind că bitu-  
ile cercetate au fost toate de aceeași consistență la  $25^{\circ}\text{C}$ , com-  
rtarea mixturilor asfaltice se încadrează unor limite de variație  
topiate între ele, indiferent de faza investigată, dar mai apro-  
ată de la faza fabricație la cea de exploatare timp de un an. Na-  
ra comportării mixturilor este similară bitumurilor, dar intensi-  
tea modificărilor de rigiditate este atenuată față de a bitumuri-  
r, de prezența agregatelor minerale.

Modificările de rigiditate determinate de acțiunea soli-  
tărilor grupează mixturile ca și bitumurile cu o comportare mai  
ropiată între ele pentru mixturile preparate cu bitumuri nepara-  
noase decît față de cele preparate cu bitum parafinos. Ele atestă  
comportare mai avantajoasă din punct de vedere rutier, ca urmare  
ei rigidizării mai reduse și respectiv unei stabilități mai mari  
deformare plastică în condițiile solicitărilor cu valori extreme.  
ntre ele, mixtura corespunzătoare bitumului fabricat de rafinăria  
l. Ploiești se detașează într-o oarecare măsură mai mult, ca ur-  
re dependenței mai mici a comportării față de valoarea solicită-

Aspectul suprafeței îmbrăcămintei bituminoase  
pe autostrada București-Fitești, corespunzător  
punctelor de prelevare a carotelor

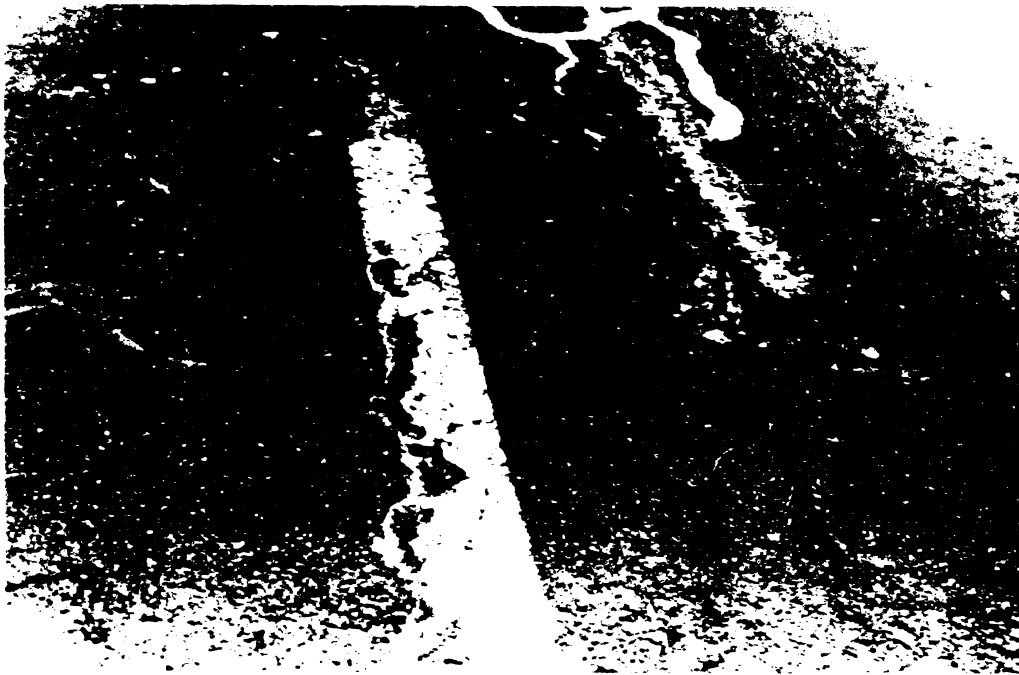


Fig. V.3.35. - Km 33+030

Aspectul suprafeței îmbrăcăminteii bituminoase  
pe autostrada București-Pitești, corespunzător  
punctelor de prelevare a carotelor



Fig. V.3.36. - Km 21+950



Aspectul suprafeței îmbrăcămintei bituminoase  
pe autostrada București-Pitești, corespunzător  
punctelor de prelevare a carotelor

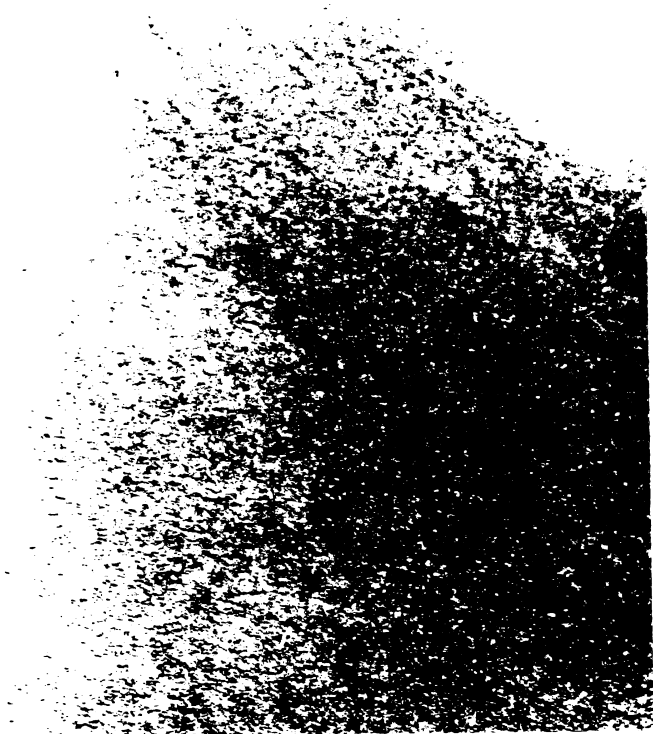


FIG. V.3.37. - Km 31+000

Aspectul suprafeței îmbrăcămintei bituminoase  
pe autostrada București-Pitești, corespunzător  
punctelor de prelevare a carotelor



Fig. V.3.38. - Km 21+900



Fig- V.3.39. - Km 31+200

Mixtura fabricată cu bitum parafinos, mai susceptibile la oxidare și respectiv la deformare în condițiile solicitărilor mari, alor extreme rezultă ca mai puțin avantajoasă din punct de vedere rutier decât celelalte.

Efectul modificărilor de comportare ale mixturilor asfaltice mi-a permis să apreciez că atât în procesul de fabricație al biturilor asfaltice cât și după un an de exploatare a îmbrăcămintei bituminoase, gradul de transformare suferit de bitum nu este excesiv, întrucât nu afectează calitatea de liant a biturilor și nu modifică pregnant caracteristicile de comportare. Alura curbelor de curgere corespunzătoare mixturilor asfaltice relevă numai o schimbare în caracterul de comportare visco-elastic, al acțiunii componente viscoase, iar valoarea pantei o reducere a susceptibilității termice în limite moderate și apropiate de la o fază de încălzire la alta.

### 3.3. Cercetări asupra carotelor prelevate de pe autostrada București - Pitești

Cercetările de caracterizare ale unei mixturi asfaltice vechi în exploatare mai mare durată de un an de urmărire a rezultatelor experimentale le-am efectuat prin investigații asupra stării de uzură a îmbrăcămintei bituminoase de pe autostrada București - Pitești.

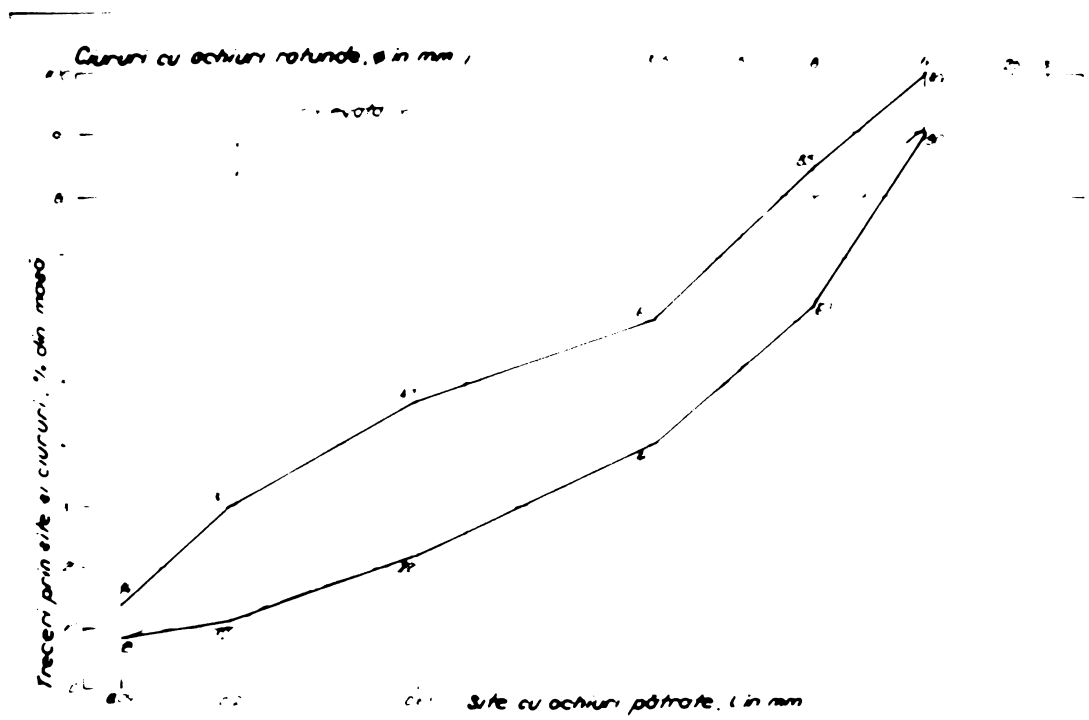
Mixtura corespunzătoare acestui strat a fost fabricată utilizând ca liant un amestec de bitumuri neparafinoase livrate de fabricile din Ploiești.

Sectorul asupra căruia am făcut investigații a fost situat în porțiunea de la km 21+900 la km 33+030. Starea suprafeței și pozițiile kilometrice de prelevare a carotelor sînt prezentate în fig. V.3.35. - V.3.39. și tabelul V.3.26.

Prelevarea carotelor pentru analiză s-a efectuat astfel încît să se cuprindă sectoare cu comportare variabilă și pe cît posibil cele degradate să se situeze în apropierea acelor cu comportare corespunzătoare.

De semnalat că mixtura carotelor prelevate din:

- sectoarele degradate, km 21+950; 31+000; 33+030, a prezentat un aspect mat și uscat. Din cauza lipsei de coeziune a liantului mixtura se dezmembra ușor ;



**Fig. 1.2.1. CURBA GRANULOMETRICĂ A AGREGATULUI MINERAL DIN CAROTELE PRELEVATE DE PE AUTOSTRADA BUCUREȘTI-PITEȘTI**

- sectoarele cu comportare corespunzătoare, km 21+900 și 31+200 a atestat un aspect mat, dar a fost coezivă și bine consolidată în strat.

Pozițiile kilometrice de prelevare a carotelor  
de pe autostrada București-Pitești

Tabelul V.3.26.

Km 21+950	Km 21+900	Km 31+000	Km 31+200	Km 33+030
calea 2 ben- da 1	calea 2 ben- da 1	calea 2 ben- da 1	calea 2 ben- da 2	calea 2 ben- da 1
sector faian- țat și foar- te fisurat	sector bun	sector fisu- rat; mixtura arsă și sfū- râncioasă; uzura fără aderență la stratul de leg.	sector foar- te bun, deca- pare difici- lă	sector fisu- rat pe sute de metri; mix- tura uscată și foarte sfârâncioasă aspect ars.

Prealabil cercetărilor de caracterizare fizico-mecanică, mixturile au fost caracterizate din punct de vedere al compoziției. Rezultatele înscrise în tabelul V.3.27. (anexa V, pag.19) au arătat că nici una dintre carote nu a prezentat o compoziție asemănătoare cu a celorlalte, deoarece:

- conținutul în bitum a atestat o variație de la 4,9 % la 6,1 %, iar din punct de vedere al prescripțiilor tehnice s-a situat sub valoarea minimă admisă pentru tipul de mixtură pus în operă, respectiv b.a.16.60, de 6,5 %;

- granulozitatea agregatului mineral total a prezentat o variație în limite largi așa cum rezultă din înscrierea curbelor granulometrice în zona prescrisă de norme în vigoare, în fig. V.3.34.

Din punct de vedere al compoziției acostuia, fracțiunea fină sub 0,09 mm se situează la limita inferioară, iar pentru carotele corespunzătoare pozițiilor de la km 31+200 și 33+030 sub limită. Fracțiunile mai mari de 0,2 mm se înscriu în condițiile de granulozitate cu excepția carotei de la km 33+030, dar variația ei de la o carotă la alta acoperă treptat întreg domeniul prescris pentru zona granulometrică, de norme în vigoare.

Față de această compoziție deficitară în bitum și fracțiune fină, mixtura sectoarelor investigate, indiferent de compor-

ea lor, se caracterizează printr-un conținut ridicat de apă. Urmare acestei situații și a stadiului de îmbătrânire înaintată al biturilor, așa după cum am menționat în capitolul IV pct. 7.7. Structura sectoarelor degradate fiind foarte friabilă nu a putut fi lucrată și testată. Rezultatele obținute pentru densitatea aparentă și absorbția de apă sînt informative, dar indică totuși clar statura atestă o porozitate importantă. O aceeași porozitate ridicată este confirmată și de caracteristicile determinate asupra structurii carotelor corespunzătoare sectoarelor cu comportare bună. Altele caracteristici determinate pentru aceste carote, umflarea și reducerea rezistenței la compresie după menținerea 28 zile în apă, pun în evidență lipsa de activitate a bitumului față de agregatele minerale, iar caracteristicile mecanice un grad de rigidizare variabil; mai mare în cazul carotei de la km 21+900 și mai redus în cazul carotei de la km 21+00.

Intrucît analiza bitumului extras din mixtură, a rămas în primul caz modificări mai profunde de compoziție comparativ cu diferența dintre biturile fabricate de fabricile din România, iar comportarea reologică o surfințare mai accentuată a bitumului conținut, în timp ce pentru cazul al doilea o îmbătrânire moderată, rigidizarea mixturilor asfaltice apare evident influențată de modificarea liantului. Dar fiind corectura corespunzătoare a sectoarelor de drum apreciez că transformările suferite de bitumuri și respectiv rigidizarea mixturilor asfaltice poate fi considerată nepericuloasă chiar dacă în cazul km 21+900 este mai accentuată.

Față de aceste constatări și de neomogenitatea din comportare a mixturilor asfaltice determinată de gradul de îmbătrânire diferențiat al biturilor, care la origine au avut aceeași proveniență, iar sub circulație au fost supuse aceluiași influențe, apreciez că degradarea îmbrăcămintei trebuie să fie atribuită unui efect cumulat produs de deficiențele de compoziție și de îmbătrânirea prematură a liantului.

În aceste condiții, îmbătrînirea suplimentară prezentată de bitumuri corespunzător sectoarelor de drum degradate comparativ bitumului din îmbrăcămintea cu comportare bună, consider că s-a produs cu precădere datorită căldurii în procesul de fabricație al mixturilor asfaltice ca urmare supraîncălzirii suferite de liant în timpul malaxării, la contactul cu agregatele minerale încălzite la temperaturi superioare celor admise de norme în vigoare, întrucît fiind în peliculă subțire a fost degradat deși timpul afectat malaxării este de numai 1 minut.

Studii anterioare mi-au permis să trag concluzia ca în cazul de situații degradarea este cu atât mai periculoasă din punct de vedere rutier cu cât cantitatea de liant este mai redusă, temperatura agregatelor minerale mai ridicată și timpul de contact la lucrare mai îndelungat și în cazul amestecurilor cercetate în lucrare, înscălbarea peliculei de liant a rezultat evident că a fost foarte re-

#### 4. CONCLUZII CU PRIVIRE LA CARACTERIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE CU BITUMURI FABRICATE DIN TITELIURI ROMANEȘTI

Cercetările efectuate în domeniul investigației amestecurilor asfaltice au urmărit caracterizarea calității biturilor sub aspectul cerințelor direct legate de exploatarea drumurilor. Fiind preluate cercetările asupra îmbătrânirii, lucrările s-au extins de la faza de laborator la faza experimentală, urmărind să stabilească odată cu calitatea conferită de liant și implicațiile evoluției

Schema de lucru în acest sens a cuprins acțiunea complexă de factori de influență legați de prelucrare, trafic și climă și drept urmare a fost constituită din următoarele faze:

- preparare și testare în laborator pentru obținerea elementelor de caracterizare a amestecurilor;

- fabricare în instalații industriale cu etape de testare:

. după fabricare pentru stabilirea efectului produs de transformarea biturilor sub influența căldurii;

. după punere în operă, la o lună și un an de exploatare a sectoarelor experimentale, pentru stabilirea efectului produs de transformarea biturilor sub acțiunea cumulată a tuturor factorilor de influență și indirect aprecierea influenței separate a factorilor de exploatare;

- după o perioadă de șase ani de serviciu a unei îmbătrâniri bituminoase în exploatare curentă, sectoare cu comportare bună și degradate, pentru stabilirea față de condiții similare de exploatare și materiale puse în operă, a evoluției liantului și cauzele degradării.

Mixturile fabricate în condițiile prevederilor standardizate și cercetate conform metodologiilor indicate în schema de lucru din fig. V.2.1. mi-au permis să desprind următoarele:

- mixturile asfaltice, indiferent de faza de investiție și modul de testare, manifestă o comportare comună. Rezultatele roetării atestă că bitumurile transferă mixturilor asfaltice caracteristicile lor de corpuri visco-elastice care se reproduc odată de prezenta agregatului mineral, întrucât înregistrează o rețineră continuă a rigidității pe măsura creșterii temperaturii și duratei de solicitare determinând astfel modificarea treptată a comportării de la predominant elastică la visco-elastică față de un domeniu de solicitare acoperitor condițiilor de exploatare a drumurilor: temperatura de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  și durata de acționare sarcinii de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec la  $1 \cdot 10^4$  sec, așa cum rezultă din curbele de curgere înscrise în fig. V.3.19. - V.3.26. Însumate, cele două efecte, temperatură și durată de solicitare, accentuează procesul de modificare a stării de rigiditate și creează condiții pentru manifestarea mai pregnantă a comportării viscoase așa cum rezultă din alura curbelor unice înscrise în fig. V.3.27. - V.3.33. comparativ bitumurilor (fig. IV.3.50. - IV.3.55.);

- comportarea mixturilor asfaltice este dependentă de proprietățile bitumurilor deoarece caracteristicile fizice și mecanice cit și comportarea reologică identifică modul de comportare al fiecărui bitum. În acest sens, rezultatele cercetărilor atestă o aceeași grupare a mixturilor, cele preparate cu bitumuri neparafinase separat de cele preparate cu bitum parafinase, cu o comportare mai apropiată, iar dintre cele mixturile preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești separat de cele preparate cu bitum de la rafinăriile Vega și Crisna. Astfel:

. caracteristicile de adozivitate ale bitumurilor față de agregatele minerale se regăsesc în comportarea mixturilor asfaltice în contact cu apa, întrucât rezultatele determinărilor privind umflarea și reducerea rezistenței la compresiune după 28 zile de mentinere în apă a epruvetelor de încercare atestă valori conform normelor în vigoare în cazul mixturilor fabricate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești și depășesc condiția tablică în cazul mixturilor preparate cu bitumuri de la rafinăriile Vega, Crisna și Tolezien;

. caracteristicile de rezistență la rupere plastică ale mixturilor asfaltice înregistrează:



.. deformabilitate mai mare a biturilor neparafinoase în domeniul temperaturilor scăzute și rigidizare mai pronunțată a bitumului parafinos față de aceleași condiții de determinare, întrucât valorile rezistențelor mecanice ale mixturilor sunt mai reduse în primul caz și mai ridicate în cel de al doilea;

.. rezistență la deformare crescută a biturilor neparafinoase în domeniul temperaturilor ridicate și mai redusă în condiții similare de determinare a bitumului parafinos întrucât rezultatele obținute pentru mixturi atestă că rezistența la rupere plastică este mai mare în primul caz decât în cel de al doilea;

.. comportare mai apropiată a tuturor biturilor față de condițiile temperaturilor medii (20-22°C), întrucât rezultatele rezistențelor mecanice relevă diferențieri reduse de la o mixtură la alta;

. caracteristicile de comportare reologică ale mixturilor asfaltice înregistrează prin modificarea rigidității odată cu modificarea condițiilor de solicitare, schimbarea stării structurale a biturilor și deci influența exercitată de structura mai sol a bitumului parafinos și mai gel a biturilor neparafinoase deoarece:

.. modificările de pantă atestate de curbele de purgere reprezentative funcțiilor  $S_m = f(T)$  și  $S_m = f(t)$ , fig. V.3.19. - V.3.26. și de curbele reduse reprezentative funcției  $S_m = f(T, t)$ , fig. V.3.31. - V.3.33. pentru condiții similare de solicitare sînt mai importante în cazul mixturilor preparate cu bitum parafinos decât în cazul mixturilor preparate cu bitumuri neparafinoase. Ca atare efectul structurii mai sol a bitumului parafinos se transmite accentuînd în comportare tendința mai pronunțată de trecere a mixturii de la starea dominată de componenta elastică la cea visco-elastică și influența mai pregnantă a componentei viscoase în comportarea corespunzătoare domeniului temperaturilor ridicate și a solicitărilor de durată. Structura mai gel a biturilor neparafinoase favorizează condițiile menținerii unei rigidități crescute la deformare sub solicitări. Efectul este înregistrat prin schimbările mai lente ale rigidității în cazul mixturilor preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești. Cu privire la mixturile preparate cu bitumuri de la rafinările Vega și Crișana, rezultatele cercetărilor atestă menținerea, ca urmare structurii lor intermediară celorlalte și în acest caz a unei comportări intermediare:

.. susceptibilitatea termică determinată de caracteristicile de rigiditate proprii, caracterizează mixturile asfaltice ca atestând aceeași comportare dependentă de regimul de temperaturi ca și bitumurile întrucît rezultatele cercetării repetate grafic în fig. IV.3.56. arată că rigiditatea mixturilor preparate cu bitum parafinos manifestă o dependență mai mare de valoarea temperaturii, în domeniul temperaturilor ridicate, decît cele preparate cu bitumuri neparafinoase și că rigiditatea acestora este afectată într-o măsură mai mică de valoarea temperaturii în domeniul temperaturilor scăzute, unde susceptibilitatea termică a mixturilor preparate cu bitum parafinos este redusă. Într-o parte, mixturile preparate cu bitumuri neparafinoase manifestă susceptibilități termice ușor diferențiate cu un avantaj în domeniul temperaturilor extreme în cazul mixturii preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești. Caracteristicile de comportare ale mixturilor preparate cu bitumuri de la rafinăriile Crișana și Vega se mențin intermediare celorlalte;

. comportarea la oboseală determinată față de celelalte mixturi preparate cu bitumuri de la rafinăriile nr.1 Ploiești și Teleajen, care atestă un caracter de comportare mai diferențiat între ele, confirmă, prin caracteristicile de rezistență la rupere ale mixturilor asfaltice preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești, mai ridicată comparativ celor preparate cu bitum de la rafinăria Teleajen, un ușor avantaj pentru durata de exploatare a suprafețelor rutiere executate cu bitumuri neparafinoase față de cele executate cu bitum parafinos, dat fiind că din investigațiile făcute, comportarea mixturilor preparate cu bitum de la rafinăriile Vega și Crișana a rezultat apropiată de a celor preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești;

. comportarea mixturilor reflectă caracteristicile de evoluție ale bitumurilor deoarece pe măsura îmbătrînirii se înregistrează o durificare dependentă de proveniența acestora și de intensitatea de acțiune a factorilor de influență. Examinînd comportarea pe faze de investigație, din schimbarea stării de rigiditate în funcție de caracteristicile liantului modificat și ale agregatului înainte de prelucrare am stabilit reprezentînd grafic, rezultatele prin funcțiile  $S_m = f(T)$ ,  $S_m = f(t)$  și  $S_m = f(T, t)$ , următoarele:

.. transformările de compoziție și structură în toate fazele de investigare urmărind se manifestă prin scăderea valorică a modulilor de rigiditate, întrucât modificarea structurii de structură a biturilor determină o modificare corespunzătoare a comportării reologice a mixturilor asfaltice;

.. efectul modificărilor determinate de acțiunea căldurii în procesul de fabricație a mixturilor asfaltice este important întrucât determină o schimbare sesizabilă a comportării reologice prin accentuarea caracterului comportării elastice în domeniul temperaturilor scăzute și al duratelor de solicitare și în creșterea rezistenței la deformare în domeniul temperaturilor înalte și al duratelor de solicitare ridicate așa cum a reieșit din înscrierea comparativă a rezultatelor în curbele unice de curgere din fig. V.3.27. - V.3.30.

Modificarea produsă de prelucrarea mixturilor în conformitate cu prevederile normelor în vigoare nu degradează biturile întrucât comportarea înregistrează numai o atenuare a influenței componentei elastice confirmată de altfel de înscrierea rezultatelor caracteristicilor fizico-mecanice în condițiile tehnice, indiferent de bitum;

.. efectele modificărilor determinate de acțiunea factorilor de exploatare, trafic și climă sînt neesențiale comparativ modificărilor înregistrate după fabricație, întrucât creșterea stării de rigiditate este redusă în raport cu rigidizarea produsă urmare procesului de fabricație. Comportarea este marcată de alura curbelor asemănătoare cu a precodentelor și decalajul lor redus una față de alta și în raport cu mixturile martor deduse pe baza caracteristicilor biturilor inițiale, întrucât înregistrează proporțional decalaje mai mici decît mixturile după fabricație;

.. efectul rigidizării determină stabilizarea comportării mixturilor asfaltice față de acțiunea căldurii ou o pondere mai importantă după faza de prelucrare decît după exploatare. Constatarea se desprinde din rezultatele obținute pentru susceptibilitatea termică înscrisă în graficul din fig. IV.3.56. pe intervale de temperatură și durate de solicitare reduse ( $t = 3 \cdot 10^3$  sec) și prelungite ( $t = 1 \cdot 10^4$  sec), întrucât arată o reducere a valorilor de la o fază de transformare a biturilor la alta și mai mare după fabricație decît după un an de exploatare;

.. modificările de rigiditate, indiferent de faza de investigare, grupează prin caracterul comportării reologice,

surile preparate cu bitumuri neparafinoase cu o comportare mai  
piată între ele, întrucît curbela de curgere înregistreează în  
te cazurile o durificoare ușor măi redusă decît în cazul celor  
parate cu bitum parafinos și de asemenea oă în cazul mixturilor  
parate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești durificoarea este  
r atenuată comparativ celei atestate de mixturile preparate cu  
umuri fabricate de rafinăriile Vega și Crișana;

- cercetarea mixturilor din îmbrăcăminte bituminoasă  
exploatare curentă de pe autostrada București-Pitești cu o du-  
ră de serviciu de șase ani, a relevat, dat fiind sursa comună  
ntre lucrări a bitumului prelucrat și condițiile similare de tra-  
p și climă, următoarele:

. cauzele deteriorării stratului de uzură al îmbrăcă-  
ptei sectoarelor degradate, atestate de rezultatele cercetărilor,  
ar multiple: deficit de liant și conținut redus de fracțiune fi-  
și în unele cazuri granulozitate neconformă prescripțiilor în  
goare, în compoziția mixturilor; porozitate ridicată în mixtură,  
psă de adezivitate a bitumului față de agregatul mineral utili-  
t, lipsă de coeziune între granule. Față de aceste condiții, po-  
rozitatea ridicată a mixturii și grosimea redusă pentru pelicula  
e liant care anrobează suprafața granulelor minerale, efectul fac-  
brilor distructivi, căldura în procesul de fabricație și agenții  
e trafic și climă din exploatare, s-a exercitat pregnant și cerco-  
arile asupra bitumurilor confirmă durificoarea excesivă a liantu-  
ui conținut de aceste mixturi;

- . cercetarea mixturilor sectoarelor cu comportare co-  
respunzătoare care sînt situate în vecinătatea celor degradate, a  
evidențiat aceeași porozitate remanentă ridicată în mixturi, ace-  
eași lipsă de adezivitate față de agregatul mineral, însă mixtura  
a atestat un caracter coeziv. Caracteristicile mecanice determina-  
te asupra celor două carote examinate, cu valori mai ridicate pen-  
tru una din carote și mai reduse în cazul celeilalte, corelate re-  
zultatelor cercetărilor asupra bitumului conținut mi-au permis să  
trag concluzia că modul de comportare diferențiat al sectoarelor  
bune față de cele degradate se datorește cu precădere îmbătrînirii  
excesive și premature a bitumului.

Intrucît condițiile în toate cazurile, în exploatare, au fost ace-  
leași, iar originea bitumului a fost de asemenea aceeași, consider

că deteriorarea liantului se datorește preponderent unei supraîncălziri a agregatelor minerale, care în contact cu bitumul în poli-  
culă cu grosime redusă sub limită, a determinat transformări ini-  
țiale și importante în compoziție și structură. Observația este  
susținută de studii anterioare prin care am relevat influența în-  
călzirii excesive a agregatelor minerale asupra caracteristicilor  
bitumurilor de drumuri.

Față de cele prezentate, rezultatele cercetării corti-  
fică posibilitatea realizării de mixturi conforme cerințelor pentru  
lucrările de drumuri prevăzute de normele în vigoare, prin utili-  
zarea bitumurilor fabricate din țiteiuri românești, cu condiția ame-  
liorării prin aditivare înainte de utilizare: bitumurile fabricate  
de rafinăriile Vega, Crișana și Teleajen, în toate condițiile de  
folosință, ca atare indiferent de natura mineralogică a agregatului  
mineral, iar pentru bitumul fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești nu-  
mai atunci când în fabricația mixturilor asfaltice sînt utilizate  
alte agregate decît cele foarte bazice.

După bitumuri, în funcție de caracteristicile atestate  
de fiecare, calitatea mixturilor asfaltice arată diferențieri re-  
levînd că performanța este condiționată de originea bitumului și în-  
final de originea țiteiurilor din care sînt obținute. Sub acest  
aspect comportarea față de condițiile de solicitare ou natură și in-  
tensitate variate, inclusiv comportarea față de acțiunea complexului  
de factori de preluorare-exploatare, a atestat prin rezultatele ob-  
ținute față de volumul mare al investigațiilor făcute, că:

- bitumurile neparafinoase conferă mixturilor asfaltice  
caracteristici calitative superioare bitumurilor parafinoase, intru-  
cît favorizează condiții straturilor rutiere bituminoase de a pro-  
lua eforturile produse de traficul greu și vitezele sporite de cir-  
culație în perioadele de îngheț-dezghet ale anului cu un risc mai  
redus de fisurare decît mixturile preparate cu bitum parafinos, a  
căror stare de rigidizare este mai pronunțată în aceste condiții.  
Ca urmare acestui fapt straturile rutiere bituminoase executate cu  
acest liant sînt mai sensibilizate la acțiunea solicitărilor și  
deci mai susceptibile la deteriorare;

- bitumurile neparafinoase conferă caracteristici cali-  
tative superioare mixturilor asfaltice și în comportarea față de  
durate prelungite de solicitare la temperaturi ridicate, prin rezis-  
tenta sporită pe care o asigură la deformare plastică, ceea ce reduce

riscul deteriorării straturilor rutiere bituminoase prin vâluriro, formare de făcuse, refulare etc, care sînt favorizate în schimb de susceptibilitatea sporită la deformare plastică a bitumului parafinos în special în perioadele calde ale anului;

- performantele calitative ușor mai ridicate ale bitumului fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești conferă mixturilor, comparativ bitumurilor fabricate de rafinările Vega și Crișana, comportări mai avantajoase sub trafic atît față de condițiile climatice din perioadele reci cît și a celor din perioadele calde, situînd aceste mixturi ca mai avantajoase pentru traficul greu și regiuni cu climat excesiv.

Dat fiind diferențierile calitative dintre mixturi și implicit dintre bitumuri, se impune, pentru asigurarea unei viabilități corespunzătoare a straturilor rutiere bituminoase executate cu fiecare dintre bitumuri, utilizarea lor în funcție de performanța calitativă.

In același timp, cercetarea sectoarelor de drum în exploatare curentă care au suferit o deteriorare prematură mi-a permis să accentuez asupra pericolului nerespectării dozaajelor în fabricația mixturilor asfaltice și în special a condițiilor de lucru, întrucît o supraîncălzire a agregatelor minerale sporoste într-o măsură importantă pericolul degradării drumurilor, ca urmare distrugerii calităților liante ale bitumurilor;

- rezultatele cercetărilor mixturilor confirmă rezultatele cercetării bitumurilor și a mixturilor în laborator și stabilesc că în condițiile de exploatare performanța lor calitativă este funcție de proveniența lor și că în utilizare se impune să fie luată în considerare.

## CONCLUZII GENERALE

## CONCLUZII GENERALE

Luorarea de doctorat tratează problema calității bitumului de drumuri cu  $P_{25} = 80-120$  1/10 mm fabricat de rafinăriile Vega, Nr.1 Ploiești, Crișana și Teleajen din țiteiuri românești pentru a cărei realizare am desfășurat de-a lungul anilor un program amplu de studii și cercetări de laborator, lucrări experimentale în condiții industriale cu executarea de sectoare experimentale, precum și investigații privind comportarea lor și a altor sectoare de drum din exploatarea curentă.

Urmărind problema calității, în teză prezint, prin materialul documentar, stadiul actual în celelalte țări și prin lucrările efectuate, necesitatea și totodată importanța cunoașterii calității biturilor cu care se execută drumurile, problemele pe care le ridică testarea și complexitatea metodologiilor de investigație care trebuiesc abordate pentru stabilirea implicațiilor tehnico-economice de folosință judicioasă a fiecăruia.

Intrucît se știe că originea determină caracteristicile țiteiurilor și că biturile ca derivați ai petrolului păstrează în egală măsură caracteristici dependente de ale acestuia, am precedat cercetarea biturilor de un studiu de informare asupra țiteiurilor prelucrate de rafinării, care să stabilească influența pe care fiecare o exercită asupra biturilor.

Rezultatele investigațiilor, dat fiind volumul mare de informații obținute asupra caracteristicilor țiteiurilor, produsele de rafinare și rezidiiilor de distilare, mi-au dat posibilitatea să desprind următoarele:

- țiteiurile prelucrate de rafinării nu sînt produse unitare ci amestecuri provenite de la multe sonde, dar totdeauna aceleași pentru aceeași rafinărie;

- din punct de vedere al compoziției țiteiurile reprezintă amestecuri foarte complexe de componente cu predominanța hidrocarburilor. Cele ușoare, comune pentru toate țiteiurile, se separă prin distilare, iar cele grele rămîn după distilare la baza coloanelor constituind materia primă de obținere a biturilor și păstrează caracteristici specifice condițiilor de formare din zăcămint;



- în funcție de natură, țițeiurile sînt naftenice sau parafinoase, cunoscute uzual sub denumirea de tipul A cu două sortimente principale: A<sub>1</sub> și A<sub>3</sub>; semiparafinoase și parafinoase, respectiv tipul B și tipul C care se prelucrează în comun. Dinre ele rafinăriile Vega, Nr.1 Ploiești și Crișana prelucrează țițeiuri naftenice, iar rafinăria Teleajen toate tipurile;

- din punct de vedere al caracteristicilor, țițeiurile naftenice atestă un conținut crescut în păcură și ca atare o densitate superioară celor parafinoase, care conțin în cantitate mai mare hidrocarburi parafinice, omologii superiori ai acestora, cu puncte de congelare ridicate, rămînînd în masa reziduiilor de distilare.

Țițeiurile prelucrate se utilizează în amestec fără reparare sau sînt selecționate așa cum sînt țițeiurile A<sub>1</sub>, denumite de la Cartojani, prelucrate de rafinăria nr.1 Ploiești, întrucît atestă puncte de congelare foarte scăzute, ce ating valori pînă la -20°C;

- materiile prime de fabricarea biturilor se diferențiază între ele prin compoziție și respectiv consistență. Cele naftenice sînt mai bogate în hidrocarburi saturate și au consistență redusă, în timp ce acelea parafinoase sînt mai bogate în componenți grei și mai vîscoase și pentru a putea fi prelucrate se fluxează cu rezidii naftenice;

- fabricarea biturilor se realizează la toate rafinăriile prin oxidare, respectiv prin suflare cu aer, condițiile de lucru fiind adaptate de fiecare rafinărie consistenței materiei prime. Pentru acest motiv durata de fabricare a biturilor din materii prime neparafinoase este comparativ mult mai îndelungată celei de prelucrare a amestecului de materii prime parafinoase și neparafinoase de la rafinăria Teleajen.

Față de aceste rezultate am tras concluzia că biturile cercetate desi atestă toate aceeasi consistență nu pot avea aceleasi caracteristici, cu toate adaptările făcute condițiilor de prelucrare, de rafinării, ca în final să se obțină același sortiment, întrucît țițeiurile folosite sînt alttele de la o rafinărie la alta.

Pentru ca să stabilesc veridicitatea celor afirmate am întreprins studiul biturilor, prezentat în teză, prin verificări calitative față de condițiile cerințelor normelor în vigoare pen-

ru bitumurile de drumuri și cercetări aprofundate în domeniul compoziției și al structurii, al comportării reologice, al susceptibilității la îmbătrânire și de caracterizare a amestecurilor asfaltice preparate cu fiocare dintre bitumuri, pe un număr important de probe prelevate pe parcursul a șase luni, periodic de la fiocare rafinării din producția curentă, paralel investigațiilor asupra țigoiurilor care au fost prelucrate și modul lor de prelucrare inclusiv fabricarea bitumurilor.

Materialul obținut din cercetare l-am prezentat grupat pe aspectele problematicei tratate, urmărind să relev în fiecare caz în parte implicațiile caracteristicilor investigate asupra calității bitumurilor din punct de vedere rutier și oportunitatea tratării subiectului și modul de valorificare al rezultatelor obținute.

Cap.I - Caracteristicile țigoiurilor românești, modul lor de prelucrare și tehnologia de fabricare a bitumurilor. Analiza bitumurilor din producția curentă, efectuată pe baza metodologiilor în vigoare în R.S.R.

Cercetarea bitumurilor fabricate de rafinării pe baza metodologiilor curente a rezultat din necesitatea stabilirii modului în care sînt respectate prevederile normelor în vigoare și capacitatea rafinărilor de a realiza produse omogene astfel încît să se justifice oportunitatea cercetării lor aprofundate.

Din rezultatele obținute am desprins următoarele:

- producția curentă de bitum a rafinărilor Vega, nr.1 Floiești și Crișana se caracterizează prin înscrierea integrală a rezultatelor în condițiile tehnice prescrise bitumurilor de drumuri de STAS 754-72 "Bitum neparafinos pentru drumuri";

- producția curentă de bitum a rafinării Teleajen se înscrie parțial condițiilor tehnice prevăzute de norme interne de livrare N.I.-MICH 1447-79 "Bitum pentru drumuri tip Dp 80/120"; prezentînd abateri în ceea ce privește ductilitatea la 0°C și punctul de rupere Fraass;

Aceste bitumuri se caracterizează, comparativ celor neparafinoase, printr-un conținut crescut de hidrocarburi parafinice cu puncte de congelare ridicate și atestă față de ele caracteristici de comportare diferențiate;

- cu privire la adezivitate, proprietate cu importante implicații în folosința bitumurilor ca lianți pentru lucrările de drumuri, investigațiile multiple efectuate de-a lungul anilor

pra fiecărui bitum în raport cu cele mai uzuale agregate minore utilizate în tehnica rutieră din țara noastră, m-au condus la concluzia că:

. între bitum și agregat mineral se stabilesc la înfață, legături reciproce mai mult sau mai puțin rezistente față acțiunea de dezanrobare a apei, în funcție de afinitatea dintre doi componenți;

. dintre toate bitumurile numai bitumul fabricat de finăria nr. 1 Ploiești asigură adezivitatea pentru agregate minore provenite din rocă de bazalt sau andezit. În toate celelalte cazuri se impune, pentru folosință la drumuri, ameliorarea compoziției, prin tratare cu aditivi în scopul de a se evita pericolul crăcărilor în condițiile de umiditate excesivă;

- interpretarea statistică a rezultatelor celor mai importante caracteristici, din punct de vedere rutier, a caracterizat producția curentă a rafinărilor ca omogenă confirmând o constanță caracteristicilor materiei prime prelucrate și respectarea condițiilor de lucru în procesul tehnologic de toate rafinările.

Pe baza constatărilor făcute, teza a scos în evidență problema calității bitumurilor sub un aspect nou, necunoscut detaliind că toate bitumurile, din punct de vedere al clasificării, se încadrează aceluiași sortiment și ca atare se utilizau aceluiași tipuri de folosință.

Aceste observații asociate celor rezultate din investigațiile țigăiurilor au constituit baza cercetărilor ulterioare la bază, de stabilire a caracteristicilor proprii ale fiecărui bitum și a influenței exercitate de calitate asupra caracteristicilor de comportare ale mixturilor asfaltice.

Metodologia adoptată pentru cercetare reprezintă o cale nouă, originală în cercetarea comparativă a lianților bituminoși care mi-a dat posibilitatea să fac o caracterizare complexă și să stabilesc în același timp implicațiile materiei prime și ale condițiilor de fabricație asupra calității.

În aceste condiții, teza a realizat în domeniul cunoașterii bitumurilor date noi de stabilire a caracteristicilor calitative și a capacității fiecăruia de a asigura funcția de liant în mixturile asfaltice cu concluzii practice utile de folosință rațională în funcție de performanță.

Aceste rezultate au fost valorificate parțial în cadrul  
melor de cercetare ale IGPTT "Cercetări în vederea stabilirii  
menclatorului de calitate și de sorturi, precum și a domeniului  
folosire a bitumului pentru drumuri fabricat în R.S.R. în  
funcție de materia primă și procesul tehnologic de fabricație" și  
cercetări privind realizarea de îmbrăcămînți rutiere bituminose  
la rezistențe ridicate la sollicitările traficului și acțiunea fac-  
torilor climatici pe baza îmbunătățirii bitumului de drumuri", be-  
neficiarul lucrurilor fiind Direcția Drumurilor - I.T.T.C.

Metodologiile preconizate în lucrare cu privire la:  
compoziția pe grupe de componente, aciditate, comportarea reologi-  
că (curbe de curgere și modul de rigiditate), îmbătrînirea accelera-  
tă în camera climatică Reutron, au fost implementate în cerceta-  
rea aplicativă, iar metodologiile cu privire la conținutul în as-  
faltene, indicole de penetrație, viscozitatea la 60°C, stabilita-  
tea la încălzire în peliculă, cu analiza bitumului rezidual și tem-  
peraturile de echiviscozitate EVT 200 cP și 20.000 cP, au fost  
propuse a fi aplicate în producția curentă și ca atare a fi stan-  
dardizate ca metodologii noi de testare, rezultatele investigațiilor  
pe parcurs urmînd a completa condițiile tehnice ale bitumuri-  
lor de drumuri înscrise în STAS 754-72.

Concluziile lucrării sînt grupate pe aspectele de cer-  
chetare urmărite de tematica tratată. Astfel:

## Cap.II - Caracterizarea biturilor din punct de vedere al compoziției

Investigațiile efectuate în scopul definirii compozi-  
ției au condus la elaborarea unei metodologii care a înglobat pen-  
tru prima dată în testarea biturilor românești metodele chimice  
distructive de determinare a elementelor componente cu metode fi-  
zice de separare și identificare a grupelor de componente cu însu-  
șiri asemănătoare: separare cu solvenți selectivi și cromatografia  
pentru determinarea conținutului în hidrocarburi saturate, hidro-  
carburi aromatice, de diferite tipuri, rășini și asfaltene; poten-  
țiometrija pentru separarea componentelor acizi de tip fenolic și  
carboxilic; refractometria pentru determinarea indicilor de re-  
fracție a componentelor incolori din maltene; ebulioscopia pentru  
determinarea masei moleculare a diferitelor grupe de componente;

fracția cu raze X pentru caracterizarea röntgenostructurală a sfaltenelor; spectroscopia în UV pentru identificarea hidrocarburilor aromatice; spectroscopia în IR pentru stabilirea tipurilor de grupări existente în bitumuri și cu precădere a grupărilor carbonil; microscopia electronică pentru caracterizarea stării de structură a biturilor și altele.

Aplicarea metodologiilor preconizate mi-a dat posibilitatea să caracterizez biturile și în același timp să subliniez, dat fiind complexitatea alcătuirii, că definirea pe baza unei singure metode nu este edificatoare.

- Investigările întreprinse asupra elementelor constitutive și a grupărilor de componenți prin precizarea conținutului în interdependență cu materia primă și condițiile de fabricație ale biturilor au condus la concluzia că:

. indiferent de proveniență, biturile sînt constituite din carbon, hidrogen, sulf, azot, oxigen și metale, dar proporția dintre ele depinde de condițiile de obținere (fig. II.3.1.); conținutul ridicat în carbon și hidrogen și raportul lor arată o preponderență a componenților mai grei cu un grad de condensare mai ridicat în biturile neparafinoase și cu precădere în cel fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești și preponderența componenților mai ușori cu masă moleculară mai redusă în bitumul parafinos;

. grupele de componenți principali pot fi definite astfel:

.. grupa hidrocarburilor saturate, ea fiind alcătuită din componenți ușori cu indice de refracție  $n_D^{20} = 1,43$  și masă moleculară 500-600;

.. grupa hidrocarburilor aromatice, constituita din grupări de tip alchil-aromatice cu conținut redus de grupe carbonil, dar relativ ridicat de grupe C-H; atestă un indice de refracție,  $n_D^{20}$  între 1,45 și 1,53 în funcție de tip și o masă moleculară de la 550 la 640;

.. grupa rășinilor, alcătuită din componenți grei constituiți din grupări de tip alchil-aromatice cu un conținut relativ mai ridicat de grupe carbonil, dar mai redus de grupe C-H decît hidrocarburile aromatice și care atestă o masă moleculară mai ridicată, de la 850 la 930;

.. // ..

.. asfaltenele, constituite din componenții cei mai grei, reprezintă fracțiunea solidă a biturilor cu structură morfă. Afirmarea este bazată pe analiza röntgenostructurală la care nu se relevă efecte de difracție (fig. II.3.9.- II.3.12.). Absența elementelor de degradare excesivă la fabricație este confirmată de aspectul omogen al petei Oliensis (fig. IV.3.28);

.. grupa maltenelor care înglobează grupa hidrocarburilor saturate, aromatice și rășinilor se caracterizează prin conținut mai redus în grupări carbonil comparativ asfaltelor;

. grupele de componenți principali caracterizează biturile și stabilesc influența materiei prime și a condițiilor de fabricație (fig. II.3.2.) întrucât:

.. biturile neparafinoase ca și materia primă de obținere se caracterizează prin conținut ridicat de hidrocarburi saturate și mai redus în hidrocarburi aromatice. Raportul de transformare al componenților, în procesul de fabricație stabilește modificări importante în timpul oxidării, dar diferențiate de la un bitum la altul, respectiv de la o grupă de componenți la alta, înregistrând pentru asfaltene creșteri de la 113 % la 270 %. Cu privire la bitumul fabricat de fiecare rafinărie, prin compoziție fiecare se definește astfel:

... bitumul de la rafinăria nr.1 Ploiești atestă conținutul cel mai ridicat în hidrocarburi saturate, componenții cei mai stabili din punct de vedere chimic ai biturilor și care conferă rezistență la transformare; conținutul cel mai redus în rășini și cel mai ridicat în asfaltene;

... bitumul de la rafinăria Vega atestă conținutul cel mai redus în hidrocarburi saturate și cel mai ridicat în rășini;

... bitumul de la rafinăria Crișana atestă caracteristici de compoziție intermediare celor de la rafinăriile nr.1 Ploiești și Vega;

.. bitumul parafinos, similar amestecului de materii prime prelucrate, se caracterizează prin conținut ridicat în hidrocarburi aromatice și rășini și redus în hidrocarburi saturate și asfaltene. Raportul de transformare în procesul de fabricație este redus la nivelul hidrocarburilor saturate și al rășinilor

și crescăt la nivelul hidrocarburilor aromatice și rășinilor, marcînd astfel efectul mai atenuat de transformare față de durată redusă afectată oxidării;

. grupările funcționale caracterizează bitumurile neparafinoase ca mai acide decît cele parafinoase și dintre ele bitumul fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești, în ordine situîndu-se bitumul de la rafinăria Crișana și apoi cel de la rafinăria Vega. Grupările carboxil preponderente în aceste bitumuri confirmă efectul oxidării prelungite aplicate la fabricare;

. compoziția are implicații directe asupra alcătuirii structurale a bitumurilor. Pornind de la datele de compoziție, teza stabilește pentru prima dată corelația compoziție-structură prin indici de caracterizare, justificînd științific starea de structură a fiecărui bitum. Astfel:

.. bitumurile neparafinoase și într-o măsură mai importantă bitumul fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești se caracterizează printr-o rețea coloidală mai formată întrucît natura componenților permite prin conținutul redus de rășini și crescut de asfaltene comparativ celorlalte, stabilirea de legături mai numeroase între micelle, cu formarea de asociații mai puternice, care determină o structură cu caracteristici mai pronunțate de gel. Coeficienții de caracterizare structurală prin compoziție stabilesc corelația valorică dintre bitumuri, marcînd o comportare mai apropiată de a bitumului fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești pentru cel fabricat de rafinăria Crișana și ca atare o structură mai sol decît a celui fabricat de rafinăria Vega, dat fiind că raportul rășini/asfaltene și coeficientul de dispersie prezintă valori crescătoare, în timp ce coeficientul de instabilitate coloidală valori descrescătoare;

.. bitumul parafinos comparativ celor neparafinoase, care se caracterizează printr-o compoziție mai săracă în asfaltene, dar printr-un conținut mai ridicat în rășini și hidrocarburi aromatice policiclice, agenți de peptizare ai asfaltenelor, asigură condițiile formării micellelor de dimensiuni reduse care determină o structură cu caracteristici mai pronunțate de sol. Caracterul este marcat de valoarea ridicată a coeficientului de dispersie și redusă pentru coeficientul de instabilitate coloidală și raportul rășini/asfaltene ridicat;

.. // ..

.. structura evidențiată prima dată prin analiza electronoptică aplicată în cadrul tezei, relevă gradul de disoer- sie al miculelor în mediu de maltene al biturilor românești și confirmă, așa cum arată electronogramele prezentate în fig. II.3.18 și II.3.21, aceeași stare de structură somnalată pe baza indicilor de caracterizare deduși din compoziție;

- Investigațiile de caracterizare a gradului de împrăștiere a rezultatelor obținute prin stabilirea dispersiei, a abate- rii medii pătratice, a coeficientului de variație și a amplitudi- nii împrăstierii pentru fiecare bitum și respectiv pentru fiecare dintre grupele principale de componente separate din bitumuri, a făcut posibilă evidențierea unei compoziții proprii caracteristi- ce rafinării producătoare și o omogenitate în fabricația bitumu- rilor.

Teza valorifică rezultatele cercetărilor asupra compo- ziției, dat fiind numărul mare de bitumuri investigate, prin sta- bilirea limitelor de variație a valorilor înregistrate pentru fie- care grupă principală de componente. Graficul prezentat în fig. II.3.23, evidențiază gruparea pe zone a biturilor fabricate de fiecare rafinărie ceea ce are ca rezultat practic posibilitatea identificării oricărui bitum pe de o parte, sau apariția unor mo- dificări la fabricația biturilor la rafinării, pe de altă parte.

### Cap. III - Caracterizarea biturilor din punct de vedere al comportării reologice

Cercetările efectuate cu privire la influența exerci- tată de starea de structură asupra comportării a implicat similar cercetărilor asupra compoziției, investigații multiple care au condus la elaborarea unei metodologii complexe. Prin această meto- dologie lucrarea stabilește comportarea reologică a biturilor românești în interdependență cu structura și acțiunea factorului de influență, față de un domeniu de solicitare scopertor climoi din țara noastră, cu temperaturi în imbrăcămintea bituminoasă de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  și un trafic caracterizat prin viteze ridicate de circulație pînă la staționare, respectiv durate de solicitare de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec la  $1 \cdot 10^4$  sec.

- Investigațiile efectuate în scopul definirii struc- turii și a comportării biturilor pe baza indicelui de penetra-



ție, IP, au condus la stabilirea unei corelații similare indicilor de caracterizare structurală din compoziție, de caracterizarea biturilor românești în raport cu biturile de același tip utilizate în alte țări. Astfel:

- . structura biturilor românești este sol-gel și comportarea visco-elastică. Condiția de încadrare a fost asigurată de înscrierea valorilor lui IP pentru toate probele analizate, între limitele  $-2 \dots +2$ ;

- . structura biturilor românești este caracteristică provenienței și grupează biturile pe rafinării. Conform graficului prezentat în fig. III.2.1. bitumul fabricat de rafinaria nr.1 Ploiesti atestă o structură mai gel decât celelalte bitumuri neparafinate, întrucât valorile lui IP se situează în majoritate în vecinătatea curbei corespunzătoare valorilor  $+1$  și toate sînt mai gel decât bitumul parafinos, întrucât valorile acestuia se situează în vecinătatea curbei corespunzătoare valorii de  $-0,7$ ;

- . structura biturilor românești este similară cu a biturilor utilizate în alte țări întrucât valorile lui IP se încadrează în majoritatea limitelor admise de prescripțiile iugoslave, de la  $+1$  la  $-0,7$  și în totalitate prescripțiilor elvețiene, de la  $-1$  la  $+1$ ;

- Investigațiile întreprinse asupra comportării biturilor față de condiții de solicitare variabilă au condus la stabilirea acțiunii factorilor de influență cu precizarea ponderii fiecăruia asupra modificărilor de stare, determinată prin viscozitate și modul de rigiditate. Astfel:

- . alura variațiilor funcțiilor de durată de solicitare și temperatură ale stării de consistență, indiferent de proveniența biturilor, stabilește că modificările de stare sînt continue de la faza solidă la faza lichidă și atestă compoziția omogenă cu un echilibru coloidal care asigură o unitate de comportare pentru toate biturile;

- . alura curbelor de curgere este asemănătoare tuturor biturilor cercetate, dat fiind consistența apropiată dintre ele la  $25^{\circ}\text{C}$ , dar modificările de stare sînt în evidență caracteristici specifice structurii biturilor. Efectele solicitărilor se înregistrează mai pronunțat în condițiile valorilor extreme indiferent de natura factorului de influență;

.. condițiile unui regim de temperaturi variabile au scos în evidență că:

... în domeniul temperaturilor scăzute, bitumurile neparafinoase manifestă o stare de rigidizare mai redusă comparativ bitumului parafinos;

... creșterea temperaturii reduce treptat consistența biturilor și decalajul comportărilor dintre bituri astfel că în domeniul temperaturilor de la 20 la 30°C diferențele sînt minime;

... peste 30°C, pe măsura distrugerii rețelei coloidale, sub acțiunea căldurii, starea de structură a bitumului parafinos se reduce mai repede decît a biturilor neparafinoase și intră în curgere newtoniană, comparativ celorlalte, la o temperatură mai scăzută;

.. acțiunile factorilor de influență, efort și durată de solicitare, determină același mod de comportare al biturilor față de temperatură, stabilind o identitate de efecte;

.. acțiunea simultană exercitată de factorii de influență, durată de solicitare și temperatură, stabilită pe baza curbelor reduse evidențiază că deși intensitatea de solicitare crește prin cumulara efectelor, comportarea biturilor păstrează caractere specifice.

Alura curbelor din fig. III.3.7. marchează tendința mai pronunțată a bitumului mai sol provenit de la rafinăria Teleajen de deformare la creșterea valorilor solicitării comparativ biturilor neparafinoase, mai gel și în special față de cel provenit de la rafinăria nr.1 Ploiești;

. investigația asupra susceptibilității la deformare sub acțiunea căldurii prin înregistrarea modificărilor de consistență paralel creșterilor de temperatură, a făcut posibilă stabilirea susceptibilității termice a biturilor pe baza căreia am desprins că:

.. fiecare bitum manifestă o rezistență diferită la modificarea valorii temperaturii. Rezultatele obținute înscrise grafic în fig. IV.3.56. caracterizează biturile neparafinoase ca fiind mai susceptibile în domeniul temperaturilor scăzute și mai rezistente în domeniul temperaturilor ridicate. Efectul se manifestă mai evident în cazul bitumului fabricat de rafinăria nr.1 Ploiești și într-o măsură apropiată de a acestuia, la biturile

fabricate de rafinăriile Crișana și Vega;

.. susceptibilitatea bitumului parafinos stabilește comportarea ca fiind caracteristică unei structuri mai sol, întrucât atestă o susceptibilitate mai redusă în domeniul temperaturilor scăzute și o susceptibilitate mai crescută în domeniul temperaturilor ridicate decât bitumurile neparafinoase;

Față de cercetările întreprinse și ținând seama de faptul că determinările reometrice dau importante informații asupra comportării sub circulație a straturilor rutiere bituminoase, din investigațiile efectuate am caracterizat bitumurile românești și am valorificat rezultatele cercetării astfel:

- din variația constatată asupra modificărilor de stare sub acțiunea solicitărilor, bitumurile neparafinoase rezultă ca fiind mai rezistente comparativ bitumului parafinos, iar dintre ele, cel mai rezistent, bitumul fabricat de rafinăria nr. 1 Ploiești:

. fiind mai puțin susceptibile la rigidizare și respectiv mai rezistente la deformare plastică atunci când solicitările atestă valori extreme, ele se caracterizează printr-o comportare mai avantajoasă din punct de vedere rutier;

. manifestând, prin rezistențele la deformare mai reduse și susceptibilitate termică mai mare în domeniul temperaturilor scăzute, o plasticitate suplimentară bitumului parafinos el poate conferi straturilor rutiere bituminoase o capacitate de deformare mai mare sub sarcină. Faptul prezintă importanță față de cerințele de comportare ale straturilor rutiere bituminoase primăvara în perioadele defavorabile de îngheț-dezghet atunci când patul drumului își reduce portanța și deflexiunile sînt mari și ca atare riscul fisurării este pronunțat. În egală măsură în domeniul temperaturilor ridicate, atestînd caracteristici de rezistență sporită la deformare și o susceptibilitate termică mai redusă poate opune o rezistență la curgere mai mare decât bitumul parafinos și ca atare poate conferi straturilor rutiere bituminoase stabilitate mai bună față de deformarea plastică.

Comportarea fiind similară și față de acțiunea deratelor de solicitare, precum și a eforturilor, calitatea biturilor neparafinoase din punct de vedere rutier și cu precădere a bitumului provenit de la rafinăria nr.1 Ploiești, este evident

perioară celor parafinoase și astfel utilizarea lor apare oportună și eficientă din punct de vedere tehnic și economic în construcția drumurilor din regiuni cu climat excesiv din țara noastră totodată cu trafic mai important;

. comportarea bitumului parafinos, care atestă o susceptibilitate mai mare de rigidizare în domeniul temperaturilor scăzute și o susceptibilitate de a-și reduce mai mult capacitatea rezistență la deformare în domeniul temperaturilor ridicate, detind structura mai sol și conținutul mărit în hidrocarburi parafinice cu punct de cristalizare ridicat care măresc susceptibilitatea la fisurare și în același timp creează condiții favorabile producerii deformațiilor plastice, dezavantajează utilizarea lui în condiții similare biturilor neperafinoase; întrucât și acțiunea ortului și a duratei de solicitare exercită efecte similare temperaturii, rezultatele cercetărilor au arătat ca necesară folosirea lor, pentru a se asigura efectele tehnice și economice cele mai bune, la executarea straturilor rutiere pe drumuri cu trafic mai redus și regiuni climatice mai moderat sau la straturi inferioare ale stemului rutier;

- din investigația efectuată asupra susceptibilității lor la intrarea în curgere a biturilor, a rezultat că pentru o soluționare judicioasă care să elimine pericolul degradărilor prin înălbănire prematură, se impune a fi puse în opera în condiții de temperatură ce țin seama de caracteristicile de structură ale fiecăruia. În acest sens lucrarea a valorificat rezultatele cercetării stabilind temperaturile de lucru necesare pentru fiecare bitum coreșpunătoare viscozității optime pentru peliculizarea bitumului pe suprafața granulelor de agregat mineral în timpul operației de melanjare, respectiv viscozitatea coreșpunătoare la 200 cP cât și viscozitatea optimă necesară liantului la compactarea amestecului asfaltic, respectiv viscozitatea coreșpunătoare la 10.000 cP.

Luându-se în considerare concluziile lucrării am arătat că rezultatul este că fiecare bitum are caracteristici proprii care trebuie să fie luate în considerare la solicitare, ceea ce este posibilă necesitatea stabilirii condițiilor de utilizare a biturilor în funcție de calitatea lor și respectiv de performanța pe care o vor realiza față de condițiile de trafic și climat din țara noastră. Cu privire la problema soluționării judicioase a folosinței în funcție de lucrare și condițiile de exploatare.

#### Cap. IV Caracterizarea biturilor din punct de vedere al susceptibilității la îmbătrânire

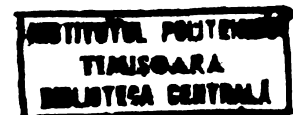
Cu privire la îmbătrânire cercetările au condus la stabilirea efectelor produse de acțiunea factorilor de influență care degradează bitumul, în interdependență cu caracteristicile de compoziție - structură și de comportare, prin precizarea ponderii de transformare pe etape comparativ de la un bitum la altul.

Rezistența la îmbătrânire fiind de o importanță deosebită în utilizarea bitumului ca liant de drumuri, programul de cercetare adoptat, vast și laborios, cuprinde și stăpânește procesul de transformare al biturilor înglobând întreaga complexitate a caracterizării susceptibilității la îmbătrânire, prin investigații accelerate în laborator și prin determinarea transformărilor reale suferite de bitumuri la punerea în operă, în procesul de fabricare al mixturilor asfaltice și în exploatarea drumurilor.

În scopul stabilirii unui criteriu pentru determinarea susceptibilității la îmbătrânire, în cadrul investigațiilor au fost concepute o metodologie nouă adaptată condițiilor camerei climatice de tip Feutron. Considerentele adoptării ei au fost următoarele:

- testarea simulează efectele factorilor de influență mai importanți ai regimului climateric;
- supune solicitărilor o peliculă de 1 mm, făcând posibilă apropierea testării de condițiile peliculizării bitumului pe suprafața granulelor de agregat mineral din mixtura asfaltică și în același timp permite, prin grosimea redusă, propagarea efectului de îmbătrânire și în adâncimea stratului;
- fiind o metodă accelerată furnizează date cu privire la degradarea naturală a biturilor într-un timp mai redus comparativ celui care ar fi necesar producerii fenomenului real într-o înbrăcămintă;
- este o metodă operativă pentru cercetarea comparativă a susceptibilității biturilor la îmbătrânire.

Prin rezultatele obținute, teza reușește să stabilească date importante de caracterizare a biturilor între ele și a gradului de producere a fenomenului de îmbătrânire pentru etapele principale de evoluție semnalate, concluziile desprinse relevând următoarele:



- gradul de îmbătrânire atestat de bitumurile cercetate, indiferent de faza investigată, nu este periculos întrucât teste aplicate au înregistrat transformări moderate și o creștere domeniului de comportare visco-elastic;

- gradul de îmbătrânire al bitumurilor este dependent de natura și intensitatea factorilor de influență întrucât:

. indiferent de natura și proveniența bitumului în toate cazurile investigate efectele cele mai importante de îmbătrânire se înregistrează după procesul de fabricație al amestecurilor asfaltice, la contactul bitumului cu granulile calde de asfalt mineral;

. efectele ulterioare fabricației, exercitate de climă și trafic, o perioadă pînă la un an, asupra bitumului și a masei bituminoase, sînt reduse și complementar modificărilor efectuate de liant în procesul de fabricare al amestecurilor asfaltice, semnificative;

. efectul produs de factorii cu acțiune accelerată în laborator exercită o influență care determină o modificare a bitumurilor similară modificării produse de acțiunii climatice și trafic timp de un an;

- durificarea bitumurilor și respectiv schimbarea comportării, indiferent de natura și proveniența fiocăruia și faza de investigare, se datoresc modificărilor de compoziție și structură. În acest sens lucrarea a arătat că stadiul de transformare al bitumurilor poate fi stabilit pe baza:

. modificărilor raportelor dintre componentii mai reactivi conținuți de lianți și cei practic inerți din punct de vedere chimic, întrucît pe măsura îmbătrînirii conținutul hidrocarburilor aromatice și al rășinilor descrește; numărul de grupări carbonilice și grupări acide crește. De asemenea poate fi determinat raportul de creștere al conținutului în asfaltene;

. modificărilor de structură, din valorile raportelor de creștere ale indicelui de instabilitate coloidală, IC și reducerea raportului rășini/asfaltene și a coeficientului de dispersie, care prin valorile lor înregistrează măsura în care se reduce volumul mediului de dispersie în raport cu creșterea volumului micelar, respectiv permite aprecierea gradului de gelificare atestat de bitumuri după îmbătrînire;

. determinărilor proprietății reologice care evidențiază efectul modificărilor de stare prin reducerea dependenței insistenței de valoarea solicitării. Curbele de curgere înregistrează în comportarea visco-elastică a biturilor o accentuare a influenței componentei elastice. Creșterea rezistenței la curgere și reducerea susceptibilității termice este determinată de noua structură formată, mai stabilă la acțiunea solicitării;

- tendința de îmbătrânire este proprie fiecărui bitum și depinde în cea mai mare măsură de natura parafinoasă sau naftenică a materiilor prime (fig. IV.5.2.).

Sub acest aspect, rezultatele cercetării ni-au permis să caracterizăm astfel biturile:

. cele mai rezistente la îmbătrânire sînt biturile fabricate de rafinăria nr. 1 Ploiești, întrucît modificările pe care le înregistrează, indiferent de condițiile de investigație, laborator sau punere în operă și exploatare, sînt cele mai reduse;

. cele mai puțin rezistente la îmbătrînire sînt biturile fabricate de rafinăria Teleajen, întrucît înregistrează transformări mai importante decît celelalte bituri în oricare dintre fazele investigate, atestînd cel mai ridicat conținut în hidrocarburi aromatice și rășini cu o stabilitate chimică mai redusă. Toate aceste bituri deși îmbătrînesc comparativ mai mult decît celelalte, mențin o structură mai sol și după îmbătrînire;

. biturile fabricate de rafinăriile Crișana și Vega, cu compoziții intermediare celorlalte bituri, atestă o susceptibilitate la îmbătrînire intermediară, întrucît modificările suferite înregistrează valori mai reduse decît cele obținute pentru biturile fabricate de rafinăria Teleajen, dar mai ridicate decît pentru cele de la rafinăria nr.1 Ploiești;

- efectele transformării biturilor devin dăunătoare dacă regimul de temperaturi la încălzirea agregatelor minerale este excesiv; grosimea peliculei de bitum fiind redusă, transformările sînt importante. Îmbătrînirea avansată afectează calitatea mixturilor care în exploatare se degradează înainte de perioada de viabilitate scontată.

Luînd în considerare gradul de îmbătrînire atins de biturile cercetate în condițiile de investigație aplicate în lucrare, apreciez că biturile românești sînt rezistente la îmbătrînire și bazez cele menționate pe rezultatele testării făcute

supra biturilor conținute de porțiuni din îmbrăcămintea de pe autostrada București-Pitești cu vechime sub circulație de 6 ani cu comportare corespunzătoare întrucât bitumul extras a atestat caracteristici diferențiate într-o măsură redusă față de oricare dintre biturile puse în operă în cadrul cercetărilor la toză. Odată consider că o prelucrare în condițiile prevederilor normelor în vigoare nu afectează calitatea biturilor, rezistența la îmbătrânire pe care o atestă fiecare asigurând straturilor rutiere bituminoase viabilitatea cel puțin o perioadă corespunzătoare investițiilor mai sus menționate.

Rezultatele cercetărilor mi-au permis să mai relev însă, prin cercetarea biturilor din sectoarele îmbrăcămintei de pe autostrada București-Pitești degradate, adiacente celor cu comportare corespunzătoare, care au fost executate în aceleași condiții, că biturile suferă transformări importante atunci când apar deficiențe în condițiile de prelucrare. Apreciez, dat fiind că la execuția sectoarelor s-a utilizat același bitum, că diferențele de compoziție ale mixturilor au fost practic aceleași și că ambele sectoare au fost supuse timp de 6 ani acelorași condiții de trafic și climă, că deficiențele nu pot fi datorate decât unei supraîncălziri a agregatelor minerale la prelucrare.

Față de concluziile stabilite în lucrare am deținut în final că biturile românești pot asigura viabilitatea straturilor asfaltate, dar implică în folosință condiții moderate de prelucrare - respectarea prevederilor normelor în vigoare - și totodată o utilizare în funcție de susceptibilitatea fiecăreia, mai mare sau mai redusă, de a se transforma sub acțiunea factorilor de influență, agenți climaterici și trafic, considerând sub acest aspect bitumul parafinos ca mai susceptibil la îmbătrânire față de cele neparafinoase și bitumul fabricat de rafinăriile nr.1 Ploiești ca mai rezistent la îmbătrânire decât cele fabricate de rafinăriile Crisana și Vega pentru a se asigura condițiile tehnice și economice de realizare a lucrărilor unde sînt puse în operă.

#### Cap.V Caracterizarea mixturilor asfaltice preparate cu bitum de la rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești, Crisana și Teleajen

Cu privire la acțiunea exercitată de calitatea liantului asupra comportării straturilor rutiere bituminoase, extinderea



programului de cercetare la teză cu investigații și pe mixturile asfaltice m-a condus la evaluarea calității efective a bitumurilor românești în strînsă interdependență cu susceptibilitatea lor la îmbătrînire.

Cercetarea fiind legată de evoluția bitumurilor, lucrarea a cuprins o sferă lărgită de investigații, de laborator și experimentale, care au înglobat complexitatea factorilor importanți de influență. Volumul mare de lucrări desfășurate pe etape, prepararea mixturii în laborator, fabricarea mixturii în instalații industriale, investigații asupra comportării sectoarelor experimentale precum și a altor îmbrăcămînți de pe drumurile existente, sub forma unor cercetări comparative, mi-a furnizat datele de caracterizare ale bitumurilor cercetate cu consecințe practice pentru o folosință judicioasă, întrucît menținînd ca unic parametru variabil, pe parcursul testărilor, proveniența bitumului, modificările în comportarea mixturilor au reieșit evident determinate numai de calitatea acestuia.

În acest sens studiul elaborat, corelat studiului bitumurilor, examinînd o serie largă de probleme mi-a permis să relev un aspect unitar al problemei calității bitumurilor românești și să stabilesc, examinînd rezultatele obținute, următoarele:

- din examinarea caracteristicilor fizice și mecanice curente am desprins că:

. oricare dintre bitumurile cercetate asigură condițiile realizării de mixturi asfaltice cu caracteristici corespunzătoare prevederilor normelor în vigoare cu excepția comportării față de apă, întrucît prelucrarea în instalații industriale deși conduce la modificări importante în compoziție și structură cu efecte de durificare pronunțate, nu afectează capacitatea lentă atunci cînd condițiile de lucru sînt respectate. Deoarece condițiile unui lipso de adhezivitate constituie o deficiență cu importantă implicație în viabilitatea drumurilor asfaltate și efectele ei l-am semnalat și în cadrul altor cercetări anterioare, consider necorespunzător a se evita o degradare a straturilor rutiere suplimentară îmbătrînirii inevitabile a bitumurilor, ameliorarea compozițiilor lor prin tratare cu aditivi înainte de utilizare;

. modificarea bitumurilor în exploatare determinată de climă și trafic o perioadă de un an, este redusă întrucît vari-

ația valorilor caracteristicilor mixturilor îmbrăcămintei sectoarelor experimentale față de mixturile prelevate din fabricație este nesemnificativă, iar stadiul îmbătrânirii biturilor conținute de mixturi confirmă transformări neînsemnate;

. modificările exercitate de agenții de climă și trafic sînt reduse comparativ efectului produs de căldură la fabricația mixturilor asfaltice și după perioade mai îndelungate de timp de exploatarea drumurilor. Acoastă constatare o bazăm pe rezultatele investigațiilor comparative asupra îmbrăcămintei sectoarelor de drum bune și degradate de pe autostrada București-Pitești cu o vechime de șase ani sub circulație, unde rezultatele au arătat că:

.. pentru ambele tipuri de sectoare de drum, bune și degradate, mixturile s-au caracterizat printr-o porozitate remanentă ridicată, întrucît compoziția a fost deficitară în liant și fracțiune fină de agregat mineral;

.. comportarea mecanică s-a diferențiat de la o mixtură la alta și a arătat similar biturilor conținute, un grad de durificare excesiv în cazul sectoarelor degradate și moderat în cazul sectoarelor cu comportare bună;

.. dat fiind condițiile de exploatare similare și structura mixturilor practic aceeași precum și utilizarea acelorași agregate minerale și bituri în fabricație, apreciem ca durificarea excesivă a biturilor conținute de îmbrăcămintele degradate rezidă într-o prelucrare necorespunzătoare și nu în condițiile de exploatare. Ținînd seama de rezultatele altor studii anterioare prin care am dovedit că regimul de încălzire al bitului în peliculă subțire este periculos și poate conduce la degradarea pînă la cocs și că încălzirea în masă modifică într-o mică măsură caracteristicile, constatarea făcută asupra biturilor îmbrăcămintei degradate în raport cu bitumul existent în mixtura sectoarelor cu comportare bună, ne îndreptățește să trag concluzia că degradarea prematură a mixturii de pe autostrada București-Pitești se datorește în final unei supraîncălziri a agregatelor minerale. Ca atare o prelucrare corespunzătoare a bitului asigură viabilitatea straturilor bituminoase o perioadă îndelungată de timp;

- investigațiile asupra caracteristicilor mecanice ale mixturilor asfaltice reflectă caracterul de coloid al biturilor și stabilește modificările de stare întrucît orice transformare

a acestuia determină modificări în comportarea față de condiții similare de încercare a mixturilor;

. comportarea reologică transferă comportarea visco-elastică a bitumului **atenuată de prezența agregatului mineral:**

.. variația funcțiilor  $S_m = f(T)$  reprezentate în fig. V.3.19. - V.3.22. pentru valori ale temperaturii de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  și  $S_m = f(t)$  reprezentate în fig. V.3.23. - V.3.26. pentru valori ale timpului de solicitare de la  $3 \cdot 10^{-2}$  sec la  $1 \cdot 10^4$  sec se menține continuă pentru toate mixturile, în toate etapele de investigație, confirmând aceeași trecere de la starea predominant elastică, pe măsura creșterii temperaturii și a duratei de solicitare, la comportarea visco-elastică, în care predomină una sau cealaltă dintre componente în funcție de valoarea solicitărilor;

.. acțiunea temperaturii și a timpului de solicitare produce similitudine de efecte în comportarea mixturilor asfaltice și stabilește efectul cumulat pe baza curbelor unice reprezentative funcției  $S_m = f(T, t)$  înscrise în fig. V.3.32. pentru mixturi și în fig. V.3.33. pentru carote;

. comportarea reologică a mixturilor transmise efectele produse de transformarea bitumurilor și înregistrează în comportare diferențieri în domeniul solicitărilor extreme și apropieri în domeniul solicitărilor cu valori medii;

.. rezistența la rupere plastică stabilește, din creșterea valorilor față de temperaturi de încercare scăzute și din reducerea lor pentru temperaturi ridicate, creșterea treptată a structurilor bitumurilor către stări mai pol;

.. creșterea gradului de transformare al bitumurilor din mixturi reduce dependența comportării mixturilor de valoarea solicitării, întrucât influența componentei elastice se accentuează pe măsura îmbătrînirii, în timp ce influența componentei viscoase se diminuează. Efectele transformărilor se manifestă printr-o creștere a rigidității mixturilor care apare evident din alura curbelor unice pentru oricare bitum din fig. V.3.27. - V.3.30. ( $S_m$  calculat pentru mixtură luând în considerare caracteristicile bitumului inițial, ale bitumului extras din mixtură și ale bitumului extras din carota prelevată din sectoarele experimentale după un an de la apariția în circulație);

.. modificarea rigidității mixturilor are drept urmare o reducere a susceptibilității termice așa cum este arătat în fig. IV.3.56. pentru diferite intervale de temperatură și durate de solicitare;

- caracteristicile proprii biturilor se reflectă în comportarea mixturilor asfaltice, întrucât similar biturilor:

. variația rigidității mixturilor asfaltice stabile, este o grupare a celor fabricate cu bitumuri neparafinoase, printr-o comportare mai apropiată între ele și într-o măsură mai mare diferențiată de a mixturilor fabricate cu bitum parafinos, pentru faptul că:

.. dependența comportării față de valoarea solicitării este mai redusă;

.. valoarea rezistențelor mecanice atestă o capacitate de rezistență mai redusă a mixturilor la deformare în condițiile temperaturilor scăzute și de stabilitate crescută la temperaturi ridicate;

.. panta curbelor de curgere este mai atenuată, confirmând rigidizarea mai redusă în domeniul temperaturilor scăzute și stabilitatea la deformare mai mare în domeniul temperaturilor ridicate;

.. susceptibilitatea termică în domeniul temperaturilor scăzute este mai mare, iar susceptibilitatea termică în domeniul temperaturilor ridicate este mai redusă;

. variația rigidității mixturilor fabricate cu bitum parafinos înregistrează o dependență mai mare a comportării de valoarea solicitării, întrucât atestă:

.. o tendință de rigidizare mai pronunțată în domeniul temperaturilor scăzute și față de acțiunea sarcinilor de scurtă durată asociată unei susceptibilități termice reduse;

.. o deformabilitate crescută în domeniul temperaturilor ridicate și sub acțiunea sarcinilor de durată asociată unei susceptibilități termice mărite;

. variația rigidității stabile este cea mai apropiată între mixturile fabricate cu bitum de la rafinăriile Vega și Crișana comportarea este mai apropiată și se situează intermediar între a celor fabricate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești și Teleajen și a mix-

tura fabricată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești manifestă comportarea cea mai puțin influențată de valoarea solicitărilor dintre toate mixturile fabricate cu bitumuri neparafinoase;

- investigațiile cu privire la rezistența la oboseală prin analiza statistică a datelor obținute au făcut posibilă, luând în considerare mixturile fabricate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești-ca fiind cele mai diferențiate dintre toate mixturile fabricate cu bitumuri neparafinoase-și mixturile fabricate cu bitumuri parafinoase, - evidențierea unei legături stohastico-existent între numărul de cicluri la rupere,  $N_g$  și valoarea săgeții de încovoiere respectiv deformația specifică de întindere impusă  $\mathcal{E}_r$  și stabilirea ecuației de regresie pentru fiecare dintre cele două mixturi investigate. Rezultatele cercetării au atestat prin valoarea determinației de 0,98 pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Ploiești și 0,96 pentru cea preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen că 98 % și respectiv 96 % din variația constatată a rezistenței la oboseală poate fi explicată prin modificarea deformației specifice de întindere, ca atare o corelație puternică între rezistența la oboseală exprimată prin numărul de cicluri la rupere și deformația specifică de întindere.

Reprezentarea grafică a relațiilor  $\mathcal{E}_r = f(N_g)$ , din fig. V.3.6. arată prin valorile coeficientului unghiular al dreptelor și prin valorile ordonatelor la origine o rezistență mai mare la oboseală în cazul mixturilor preparate cu bitumuri neparafinoase decât în cazul celor preparate cu bitumuri parafinoase.

Față de rezultatele obținute în cadrul studiului de caracterizare a calității bitumurilor prin caracteristicile de comportare a mixturilor asfaltice am stabilit următoarele:

- bitumurile fabricate de rafinăria nr.1 Ploiești utilizând și țiteiuri selecționate conferă mixturilor asfaltice următoarele avantaje:

. rezistențe sporite în comportarea față de apă, atunci când sînt folosite agregate minerale bazice;

. dependență în comportare influențată într-o măsură mai mică de valoarea solicitării;

.. rigidizare atenuată la reducerea temperaturii în condițiile solicitărilor de scurtă durată;

- .. rezistență crescută la deformare plastică la creșterea temperaturii și față de sarcini cu durată îndelungată;
- .. susceptibilitate termică mai mare în domeniul temperaturilor scăzute și mai reduse în domeniul temperaturilor ridicate;
- .. rezistență la îmbătrânire sporită.

În aceste condiții mixtura asfaltică manifestă o capacitate mărită de rezistență la fisurare și degradare prin deconstrucție în perioadele defavorabile, umede și de îngheț-dezghet ale anului, sub trafic și rezistență la deformare plastică sub circulație în perioadele calde ale anului cu diminuarea riscului apariției fenomenelor de vâlurire, formare de fâgașe etc, precum și o durată de serviciu ușor crescută prin capacitatea de rezistență la oboseală și la acțiunea factorilor de climă, merită.

Atestând această performanță, bitumurile fabricate de rafinăria nr.1 Floiești pot asigura condiții mai bune de comportare straturilor rutiere bituminoase sub trafic greu și intens în regiuni cu climă excesivă din țara noastră, comparativ celorlele bitumuri neparafinoase.

Bitumurile fabricate de rafinăriile Cișina și Vege, cu o performanță apropiată de a celor de la rafinăria nr.1 Floiești, dar manifestând o susceptibilitate ușor mărită față de acțiunea factorilor de influență din exploatare - prin dependența ușor mărită la acțiunea solicitărilor traficului, durată de acționare a sarcinii, efort și de condițiile climaterice, temperatură, radiații și umiditate - pot asigura condiții bune de comportare straturilor rutiere bituminoase sub un trafic și condiții de climă mai moderate dar în toate cazurile, aditivato.

. bitumul fabricat de rafinăria Teleajen utilizând în amestocul de prelucrare și rezidii de la distilarea țițeiurilor parafinoase, dezavantajează comportarea mixturilor asfaltice întrucât manifestă, urmare structurii mai sol și conținutului mai crescut în hidrocarburi parafinice cu puncte de cristalizare ridicate tendință de rigidizare mai mare și de deformare mai pronunțată, față de condițiile solicitărilor cu valori extreme, favorizând în perioadele reci și sub trafic intens sau greu apariția de fisuri iar în perioadele calde apariția fenomenelor de degradare plastică. De asemenea lipsa de adezivitate și susceptibilitate mai mare la îmbătrânire creează condiții pentru degradarea stratu-

rilor bituminoase prin dezanrobarea granulelor minerale sau prin durificarea mai accentuată. Utilizarea bitumului parafinos este indicată a fi utilizată în zone cu regim climateric moderat și trafic mai redus sau în straturile inferioare ale sistemului rutier și de asemenea în toate cazurile aditivat.

Această caracterizare complexă a biturilor, investi-  
garea fiind amplă și evolutivă și încercările completându-se una  
pe alta, a arătat pe baza științifice că fiecare dintre bituri  
aretestă un potențial calitativ propriu care impune o folosință di-  
ferențiată și judicioasă după calitatea pe care o poate asigura  
mixurii. Prin rezultatele obținute în lucrare se beneficiază de date de apreciere a caracteristicilor de comportare favorabilă sau defavorabilă din punct de vedere rutier a oricăruia dintre biturile românești fabricate de rafinăriile Vega, nr.1 Ploiești, Crișana și Teleajen.

Față de cerințele crescîndu de bitum și de posibilitățile limitate ale rafinăriilor de a-l produce, aceste rezultate se valorifică printr-o raționalizare a folosirii biturilor în funcție de performanțe. Aspectul nou pentru tehnica noastră rutieră impune dirijarea fiecărui bitum pe lucrări și condiții de exploatare.

O folosință rațională în funcție de performanță, evitarea  
la prelucrare a unei încălziri excesive sau a unei supraîncălziri  
a agregatelor minerale, dat fiind natura organică a bitumului,  
cît și punerea în operă a fiecărui bitum pe drumuri cu trafic și climă  
ce nu depășesc capacitatea de comportare reologică, la îmbibarea  
și față de apă, pot asigura pentru lucrări calitatea și pentru  
drumuri viabilitatea.

Teza, prin modul de investigare aplicat, a creat super-tul științific al evaluării biturilor de drumuri punînd la punct o metodologie complexă de caracterizare a calității. Ea constituie un mijloc de testare ce își găsește aplicabilitatea și în urmărirea oricărui alt produs bituminos nou pe care îl poate realiza industria petrolieră din orice sursă (internă sau din import) și care poate reprezenta o rezervă de liant pentru executarea drumurilor noi sau întreținerea celor vechi.

SINTEZA PRINCIPALELOR CONTRIBUTII  
ORIGINALE ALE TEZEI DE DOCTORAT  
SI EFICIENTA ECONOMICA



SINTEZA PRINCIPALILOR CONTRIBUTII  
ORIGINALE ALE TEZEI DE DOCTORAT  
SI EFICIENTIA ECONOMICA

Utilizarea bitumului ca liant pentru drumuri impune, față de condițiile actualei punerii de petrol care se resimte și la noi ca pretutindeni cu multă acuitate în toate ramurile industriei naționale, o folosință judicioasă, bazată pe o cunoaștere aprofundată a potențialului calitativ al fiecăruia.

În această conjunctură și față de cerințele stringente ale economiei naționale, de realizarea de lucrări de calitate pentru transportul de bunuri și călători, tematica pe care au înscris-o în lucrare și aportul pe care l-am adus la cunoașterea bitumurilor românești fabricate din țițeiuri indigene reprezintă o investigație nouă, originală, ce se încadrează imperativelor actuale, ca atare ea este deosebit de oportună și prezintă o importanță majoră prin faptul că stabilește calitatea sub un aspect nou necunoscut, de diferențiere calitativă între bitumuri în funcție de proveniență. Stabilind potențialul calitativ, teza dă posibilitatea unei utilizări fundamentate științifice a bitumurilor, diferențiată pe lucrări și condiții de exploatare în locul utilizării practice în prezent, în aceleași scopuri de folosință a oricărui dintre bitumuri.

Importanța problematicii abordată mi-a impus o modality de tratare complexă prin investigații în domenii variate de cercetare, iar rezolvarea ei mi-a dat posibilitatea să aduc contribuțiile contribuții originale:

- elaborarea unei lucrări complexe asupra bitumurilor de drumuri cu  $P_{25} = 80-120$  1/10 mm, fabricate din țițeiuri românești, întrucât toată tratează problema calității în toate complexitatea ei, plecând de la originea materiei prime și procesul tehnologic de obținere, pînă la comportarea în exploatarea a îmbrăcăminților bituminoase realizate cu fiecare dintre bitumurile cercetate față de condițiile solicitărilor curente, ale traficului și agenților climaterici din țara noastră. Trataroa problemei sub aspect evolutiv constituie un mod original de investigare deoarece literatura de specialitate <sup>nu</sup> seambliază publicații în acest sens;

- prin modul de tratare al tematicii propuse spre rezolvare, am evidențiat măsura în care calitatea bitumurilor și comportarea straturilor rutiere bituminoase respectiv sub circulație este determinată de condițiile de obținere ale bitumurilor-

natura și proveniența țițeiurilor și procesul de prelucrare - în-  
trucit:

. am stabilit, prin caracteristicile țițeiurilor și produselor grele de distilare inclusiv rezidurile de blaz, că natura naftenică și parafinoasă a țițeiului prelucrat exercită influențe importante asupra calității biturilor din punct de vedere rutier;

. am stabilit, prin caracterizarea materiilor prime și a biturilor obținute, că în procesul de fabricație durata de oxidare determină în funcție de valoarea ei transformări mai mult sau mai puțin importante în compoziția materiei prime de obținere a biturilor;

. am stabilit, prin caracterizarea calității mixturilor asfaltice și a comportării îmbrăcămintelor bituminoase, că bi-  
sumul transpune calitățile lui asupra mixturilor asfaltice, comper-  
țarea fiind atenuată în mare măsură de prezența agregatului mineral;

- aprofundarea cercetării pentru identificarea influenței priginii și procesului de obținere asupra caracteristicilor bitu-  
rurilor au avut ca rezultat evidențierea:

. caracteristicilor de compoziție;  
. implicațiilor compoziției asupra structurii;  
. influenței compoziției și structurii fiecărui bitum asupra comportării reologice și la îmbătrânire;

. caracteristicilor de calitate ale mixturilor prepara-  
rate cu fiecare dintre biturile cercetate;

- elaborarea unei metodologii de determinare a calității biturilor de drumuri care, prin multitudinea domeniilor pe care le abordează mi-a dat posibilitatea unei investigații comparative complexe și totodată stabilirea unui mijloc de control mai riguros în caracterizarea oricărui produs pe care rafinările îl pot pune la dispoziția sectorului rutier pentru executarea lucrărilor de construcția și întreținerea drumurilor;

- realizarea condițiilor de cercetare m-au condus la:

. îmbunătățirea sau adaptarea încercărilor la posibi-  
litățile existente în țară; în acest sens determinarea:

.. compoziției biturilor pe grupe de componente  
asemănătorilor ~~en~~ completat aparatul de lucru pentru asigurarea con-

dițiilor constante de adsorbție-desorbție, prin adoptarea unei bîi de termostatare la coloanale cromatografice. În aceste condiții analiza poate fi efectuată oricînd, indiferent de condițiile temperaturii ambiante. În același timp am înlocuit alumina de import, ca suport de adsorbție, cu alumina fabricată în țară și am permis utilizarea eterului de petrol în locul n-heptanului de import, pînă la realizarea acestui solvent în țară. Pentru eluarea hidrocarburilor aromatice am înlocuit amestecul de benzen-eter cu benzen, pentru a asigura o separare mai eficientă a acestora de rășini;

.. susceptibilității la îmbătrînire în peliculă prin încălzire 5 ore la  $163^{\circ}\text{C}$  pentru caracterizarea comportării biturilor la fabricarea amestecurilor asfaltice, am extins investigațiile asupra residuului, determinînd mai riguros gradul de transformare și modificarea comportării;

. adoptarea de metodologii noi în investigarea biturilor cu privire la:

.. compoziție, unde am introdus:

... metoda potențiometrică pentru stabilirea acidității fenolice independent de cea carboxilică;

... analiza spectrală în IR pentru caracterizarea alcătuirii biturilor și a fracțiunilor separate, din punct de vedere al tipurilor principale de grupări pe care le conțin;

.. structură, unde am introdus :

... analiza electrooptică pentru evidențierea structurii biturilor cu ajutorul microscopului electronic;

... analiza röntgenostructurală care ni-a dat posibilitatea să evidențiem structura amorfă a asfaltanelor;

iar pentru exprimarea prin cifre a stării structurale, indici de caracterizare determinați din date de compoziție:

... raportul rășini/asfaltene pentru caracterizarea gradului de aglomerare al miculelor;

... indicii de instabilitate coloidală, IC, care caracterizează starea echilibrului coloidal;

... coeficientul de dispersie, CD, care caracterizează starea de dispersie a asfaltanelor;

.. comportare reologică, unde am introdus:

... caracterizarea curgerii prin intermediul parametrilor de stare, vîscozitate dinamică,  $\gamma$  și modulul de rigi-

ditate,  $S_b$ , pentru examinarea modificărilor de la faza solidă la faza lichidă în condițiile unui regim de încercare variabil (temperaturi de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+135^{\circ}\text{C}$  corespunzător condițiilor de solidificare a bitumului în procesul de prelucrare și a straturilor bituminoase în exploatare și eforturi tangențiale într-un domeniu lărgit, de la  $4 \cdot 10^7 \text{ dyn/cm}^2$  la  $1 \cdot 10^2 \text{ dyn/cm}^2$  și durate de acționare a sarcinii de la  $3 \cdot 10^{-2} \text{ sec}$  la  $1 \cdot 10^4 \text{ sec}$  considerându-le acoperitoare condițiilor de circulație, de la viteze ridicate, la staționări);

... exprimarea comportării reologice pe baza curbelor de curgere obținute din reprezentarea grafică a funcțiilor  $\epsilon = f(v)$ ;  $\zeta = f(Dr)$ ;  $S_b = f(T)$  și  $S_b = f(t)$ ;

... exprimarea comportării ca reprezentare unică a procesului de curgere pe baza curbei reduse, corespunzătoare funcției  $S_b = f(T, t)$ ;

... exprimarea susceptibilității termice ca funcție unică de temperatură, pe baza metodei Heukelom, din diagrame de reprezentare a biturilor;

. elaborarea unei metodologii noi prin care să stabilească în condiții accelerate de laborator, susceptibilitatea la îmbătrânire a biturilor față de acțiunea agenților climaterici. Metoda propusă prevede etalarea bitumului pentru testare în peliculă de 1 mm, grosime ce apropie condițiile cercetării de laborator de condițiile peliculizării bitumului pe granulele minerale din mixtura asfaltică și o expunere periodică, pe ocluri, la acțiunea radiațiilor IR și UV, a umidității și a unui regim de temperaturi de la  $-20^{\circ}\text{C}$  la  $+60^{\circ}\text{C}$  corespunzător temperaturilor din îmbrăcămintea bituminoasă în exploatare. Metoda, prin condițiile aplicate, este originală și rezultatele cercetării au arătat o corelație acoperitoare îmbătrânirii naturale a bitumului din îmbrăcămintea bituminoasă după un an de exploatare a drumurilor;

- cercetarea evolutivă a caracteristicilor biturilor de la faza de bitum la faza de liant în îmbrăcămintea bituminoasă, prin determinarea comparativă a compoziției și comportării, mi-a dat posibilitatea să stabilească transformările reale suferite de fiecare dintre bituri față de etape semnificative de îmbătrânire, fabricația mixturilor asfaltice și un an de exploatare a îmbrăcămintei bituminoase.

Prin aprofundarea cercetărilor asupra caracteristicilor mixturilor asfaltice am evidențiat astfel:

- . efectul de transformare important pe care-l suferă bitumul în procesul de fabricație al mixturilor asfaltice, care devine periculos la depășirea regimului de încălzire și în special al agregatelor minerale, întrucât bitumul este expus acțiunii caldurii într-o peliculă de dimensiuni reduse;

- . efectul comparativ, nesemnificativ al transformărilor bitumului după punerea în operă și menținerea sub circulație a îmbrăcămintelor bituminoase timp de un an, produs de acțiunea agenților climaterici și trafic;

- punând în evidență modul de transpunere al caracteristicilor biturilor în caracteristicile mixturilor asfaltice, am evidențiat implicațiile provenienței asupra comportării îmbrăcămintelor bituminoase:

- . comportare necorespunzătoare în prezența apei a mixturilor fabricate cu bitum de la rafinăriile Vega, Crișana și Teleajen, ca urmare a lipsei de adezivitate a biturilor față de oricare din agregatele minerale utilizate la lucrările de drumuri;

- . comportare corespunzătoare în prezența apei a mixturilor fabricate cu bitum de la rafinăria nr.1 Floiești în cazul utilizării agregatelor minerale bazice;

- . comportare la curgere și susceptibilitate la uzură dependentă de structura biturilor: mai avantajoasă din punct de vedere rutier în cazul mixturilor fabricate cu bitumuri vechi - finoase și mai mult în cazul bitumului fabricat de rafinăria nr.1 Floiești și mai dezavantajoasă în cazul mixturilor preparate cu bitum parafinos, ca urmare a structurii mai joale a primelor bitumuri și mai solă a celui din urmă.

Față de această caracterizare, teza își găsește o aplicare practică imediată, întrucât contribuie printr-o fundamentare științifică la necesitatea utilizării biturilor în funcție de calitatea lor. Evaluarea comparativă a performanței calitative a biturilor fabricate de fiecare rafinărie aduce un maxim de eficiență tehnică și economică întrucât:

- . se permite o folosință corectă a fiecărui bitum în funcție de condițiile climaterice și de trafic pe tip de lucrare;

. se poate asigura raționalizarea utilizării bitumului pe baza caracteristicilor locale;

. se evită sau se diminuează apariția defectelor și deteriorărilor ale îmbrăcămintelor bituminose și drept urmare se rechestionează de întreținere suplimentare pentru reparații;

- caracterul aplicativ al rezultatelor cercetării a fost din:

. introducerea unora din rezultatele obținute, în planurile de cercetare I.C.P.T.T.: "Cercetări în vederea stabilirii nivelului de calitate și de sorturi, precum și a domeniului de aplicare a bitumului pentru drumuri fabricat în R.S.R. în funcție de materia primă și procesul tehnologic de fabricație" și cercetări privind realizarea de îmbrăcăminte rutiere bituminose rezistențe ridicate la solicitările traficului și acțiunea factorilor climatici pe baza îmbunătățirii bitumului de drumuri", beneficiarul lucrărilor fiind Direcția Drumurilor - M.T.Tc.;

. introducerea în cercetare a metodologiilor de stabilire a:

.. compoziției bitumului pe grupe de componente;

.. consistenței bitumului la 60°C prin vâscozitate dinamică;

.. temperaturilor de echivâscozitate EVT 200 și 20.000 care reprezintă temperaturile optime în procesul de măsurare a bitumului cu agregatele minerale și la punerea în operațiunile asfaltice;

.. stării de structură a bitumului prin indicii de penetrație;

. introducerea unor valori din teza de doctorat drept caracteristici noi pentru bitumuri, atestând un suport științific justificat din cercetare. Astfel:

.. conținutul componentelor, pe grupe, pentru bitumul fabricat de fiecare rafinărie;

.. consistența fiecărui bitum la 60°C;

.. valorile temperaturilor de echivâscozitate ale bitumurilor în funcție de proveniență;

.. valori pentru ductilitatea la 5°C;

.. valorile caracteristicilor bitumului după încălzire 5 ore la  $163^{\circ}\text{C}$  în peliculă de 3,88 mm (pierdere de masă, reducerea penetrației inițiale, ductilitate la  $25^{\circ}\text{C}$ , punct de rupere Fraass, creștere IB);

.. valori pentru indicii de caracterizare a stării structurale a bitumului;

. propunerile făcute de I.C.F.T.T. și de Direcția Drumurilor pentru standardizarea metodelor;

.. determinarea conținutului de asfaltene;

.. determinarea indicelui de penetrație;

.. determinarea vâscozității la  $60^{\circ}\text{C}$ ;

. propunerile făcute de I.C.F.T.T. și D.D. pentru modificarea următoarelor puncte din STAS 754-72 (Anexa VI):

.. determinarea ductilității la  $5^{\circ}\text{C}$  în loc de  $0^{\circ}\text{C}$ ;

.. introducerea metodei de determinare a stabilității la încălzire 5 ore la  $163^{\circ}\text{C}$  în peliculă în locul celei actuale, cu analiza aprofundată a bitumului rezidual.

Rezultatele cercetărilor întreprinse în cadrul tezei se valorifică prin:

- elaborarea unui proiect de nomenclator de calitate al biturilor (Anexa VII) pentru o folosință judicioasă a biturilor în funcție de calitatea lor și a tipului de lucrare;

- elaborarea unei metodologii complexe de caracterizare a biturilor care include și caracterizarea mixturilor asfaltice, ce poate fi:

. extinsă la investigarea oricărui produs petrolier nou pus la dispoziția sectorului de drumuri de către rafinării;

. utilizată la evaluarea constanței producției curente de bitum a rafinăriilor sau a calității biturilor, ori de câte ori necesitatea de producție o impune ca urmare schimbării surselor de aprovizionare cu țiței;

Rezultatele cercetării se aplică de toate unitățile de drumuri care efectuează lucrări de construcție sau întreținere a drumurilor, care printr-o folosință corectă, contribuie la asigurarea viabilității lucrărilor executate. Ca atare, eficiența economică a lucrărilor, urmare unei juste utilizări a biturilor în funcție de performanța calitativă, se materializează prin reducerea apreciabilă a cheltuielilor deosebit de ridicate pentru întreținere și reparații.

## B I B L I O G R A F I E

1. HOIBERG, J. ș.a. - Bituminous materials. Asphalts, tars and pitches. New York, 1965.
2. AJOUR, A.M., BESTOUGEFF, M. - Caractéristiques des quelques bitumes français. In: Bulletin de liaison nr. 43/1970.
3. ZAKAR, P. - Die gegenwärtigen Tendenzen der Bitumen **F**orschung. In: B.T.A.P. nr. 7/1974.
4. SVETEL, D. - Trajnost bitumena kao veziva u asfaltnim mesavinama. In: Institut za puteve nr. 5/1974.
5. HUET, J. - Proprietățile fizico-chimice și reologice ale materialelor bituminoase. In: Referat al serviciului de cercetări speciale. Centrul de cercetări rutiere, Bruxel, 1960.
6. SUCIU, G.C. - Ingineria prelucrării hidrocarburilor. Editura tehnică, București, 1973.
7. MICU, I. - Bitumuri. Compoziție, reologie, tehnologie. Centrul de documentare al industriei chimice și petroliere, București, 1974.
8. BARTH, J.E. - Asphalt science and tehnologie, Gordon and Breach, New York, 1975.
9. DURIEZ, M., ARRAMBIDE, J. - Nouveau traité de matériaux de construction, tome III. Liants et bétons hydrocarbonés, Ed. Dunod, Paris, 1962.
10. DRON, R., BESTOUGEFF, M., VOINOVITCH, I.A. - Contribution à l'étude des états structuraux des bitumes. Rap. de recherche. I.C.P.C. nr. 75, Paris, 1978.
11. MICU, I. - Teza de doctorat. Institutul de petrol și gaze, București, 1974.
12. MAJIDZADEH, K., SCHWEYER, H.E. - Teoria volumului liber și reologia bitumului. In: Materials research standardats, nr.12, 1966.
13. BAMBERG, E.H., NEUMANN, H.I. - Zur Analyse von Bitumen insbesondere seiner Erdölhärze. In: BTAP nr. 2/1973.



.. valorile caracteristicilor bitumului după încălzire 5 ore la  $163^{\circ}\text{C}$  în peliculă de 3,88 mm (pierdere de masă, reducerea penetrației inițiale, ductilitate la  $25^{\circ}\text{C}$ , punct de rupere Fraass, creșterea IB);

.. valori pentru indicii de caracterizare a stării structurale a bitumului;

• propunerile făcute de I.O.F.T.T. și de Direcția Drumurilor pentru standardizarea metodelor;

.. determinarea conținutului de asfaltene;

.. determinarea indicelui de penetrație;

.. determinarea vâscozității la  $60^{\circ}\text{C}$ ;

• propunerile făcute de I.O.F.T.T. și D.D. pentru modificarea următoarelor puncte din STAS 754-72 (Anexa VI):

.. determinarea ductilității la  $5^{\circ}\text{C}$  în loc de  $0^{\circ}\text{C}$ ;

.. introducerea metodei de determinare a stabilității la încălzire 5 ore la  $163^{\circ}\text{C}$  în peliculă în locul celei actuale, cu analiza aprofundată a bitumului rezidual.

Rezultatele cercetărilor întreprinse în cadrul tezei se valorifică prin:

- elaborarea unui proiect de nomenclator de calitate al biturilor (Anexa VII) pentru o folosință judicioasă a biturilor în funcție de calitatea lor și a tipului de lucrare;

- elaborarea unei metodologii complexe de caracterizare a biturilor care include și caracterizarea mixturilor asfaltice, ce poate fi:

• extinsă la investigarea oricărui produs petrolier nou pus la dispoziția sectorului de drumuri de către rafinării;

• utilizată la evaluarea constanței producției curente de bitum a rafinăriilor sau a calității biturilor, ori de câte ori necesitatea de producție o impune ca urmare schimbării surselor de aprovizionare cu țiței;

Rezultatele cercetării se aplică de toate unitățile de drumuri care efectuează lucrări de construcție sau întreținere a drumurilor, care printr-o folosință corectă, contribuie la asigurarea viabilității lucrărilor executate. Ca atare, eficiența economică a lucrărilor, urmare unei juste utilizări a biturilor în funcție de performanța calitativă, se materializează prin reducerea apreciabilă a cheltuielilor deosebit de ridicate pentru întreținere și reparații.

## B I B L I O G R A F I E

1. HOIBERG, J. ș.a. - Bituminous materials. Asphalts, tars and pitches. New York, 1965.
2. AJOUR, A.M., BESTOUGEFF, M. - Caractéristiques des quelques bitumes français. In: Bulletin de liaison nr. 43/1970.
3. ZAKAR, P. - Die gegenwärtigen Tendenzen der Bitumen **F**orschung. In: B.T.A.P. nr. 7/1974.
4. SVETEL, D. - Trajnost bitumena kao veziva u asfaltnim mosavi-nama. In: Institut za puteve nr. 5/1974.
5. HUET, J. - Proprietățile fizico-chimice și reologice ale materialelor bituminoase. In: Referat al serviciului de cercetări speciale. Centrul de cercetări rutiere, Bruxelles, 1960.
6. SUCIU, G.C. - Ingineria prelucrării hidrocarburilor. Editura tehnică, București, 1973.
7. MICU, I. - Bitumuri. Compoziție, reologie, tehnologie. Centrul de documentare al industriei chimice și petroliere, București, 1974.
8. BARTH, J.E. - Asphalt science and tehnologie, Gordon and Breach, New York, 1975.
9. DURIEZ, M., ARRAMBIDE, J. - Nouveau traité de matériaux de construction, tome III. Liants et bétons hydrocarbonés, Ed. Dunod, Paris, 1962.
10. DRON, R., BESTOUGEFF, M., VOINOVITCH, I.A. - Contribution à l'étude des états structuraux des bitumes. Rap. de recherche. D.C.P.C. nr. 75, Paris, 1978.
11. MICU, I. - Teza de doctorat. Institutul de petrol și gaze, București, 1974.
12. MAJIDZADEH, K., SCHWEYER, H.E. - Teoria volumului liber și reologia bitumului. In: Materials research standardats, nr.12, 1966.
13. BAMBERG, E.H., NEUMANN, H.I. - Zur Analyse von Bitumen insbesondere seiner Erdölhärze. In: BTAP nr. 2/1973.

.....

14. GAESTEL, OH., SMADJA, R., LAMMILAN, K.A. - Contribution à la connaissance des propriétés des bitumes routiers. In: RGRA nr. 466/1971.
15. DURRIEU, F. - Bitumes et enrobé bitumineux, In: Bulletin de liaison nr. spécial V/1977.
16. TRAXLER, R.N. - Asphalt its composition, properties and use. Ed. Reingold, New York, 1961.
17. VEVERKA, V., FRANCKEN, L. - Relation entre le module de rigidité d'un enrobé bitumineux et le module de cisaillement du bitume qu'il renferme. Raport la cel de-al II-lea Colocviu RILEM, Budapesta, 1975.
18. LOPIENSKA, H. - Untersuchung über den Einfluss der Eigenschaften von Anteilgruppen auf die Qualität von Bitumen.
19. HAYES, M.H.B., STACEY, M., STANDLEY, J. - Untersuchungen über Bitumen. In: BTAP nr. 2,4/1973.
20. ZALKA, L. - Research on the explorations between chemical composition or structure, as well as rheological properties or production.
21. HARPIA, P. - Studii asupra structurii bitumului. In: BTAP nr. 3/1970.
22. VAJTA, L., VAJTA, S. - The complex laboratory evaluation of bitumens. Raport la cel de-al II-lea Colocviu RILEM, Budapesta, 1975.
23. VALERO, L., HIDALGO, A. - Cercetarea bitumurilor prin spectroscopie în IR. Raport la primul Colocviu RILEM, Dresda, 1968.
24. MARTIN, K.G. - Examinarea bitumurilor prin spectroscopie în IR. Raport la primul Colocviu RILEM, Dresda, 1968.
25. KIEWITROP, K.H. - Infrarotspektroskopische untersuchungen an Bitumen unterschiedlichen Provenienz. Freiburger Forschungshefte A 559, 1976.
26. VOGEL, L. - Massenspektrometrische untersuchungen und ihre Anwendungen zur Bitumen und Naturasphaltanalyse. In: BTAP nr. 4/1970.

27. DABIN, J. - Contribuții la studiul fizico-chimic al bitumurilor rutiere. Referat nr. 58. Centrul de cercetări rutiere, Bruxelles, 1976.
28. MORAND, P. - Etude bibliographique sur la composition chimique des bitumes. In: Bulletin de liaison nr. 22/1966.
29. ALTGELT, K.H. - Gel permeation chromatography of asphalts and asphaltenes. Makromol Chem. nr. 88/1965.
30. PEYROT, J. - Nouvelle méthode d'étude des bitumes par microscopie électronique. In: Bulletin de liaison nr. 68/1973.
31. KOLBANOVSKAIA, A.S. - Cercetarea bitumurilor optinale, Raport la primul Colocviu RILEM, Dresda, 1968.
32. RAMOND, G. - Etudes fondamentales effectuées en U.R.S.S. sur la structure de bitume. In: Bulletin de liaison nr. V/1977.
33. BESTOUGHEFF, M., DRON, R., NOUAIL, G., VOINOVITCH, I.A. - Sur la détermination de la viscosité des bitumes. Raport la cel de-al II-lea Colocviu RILEM, Budapesta, 1975.
34. GOKMAN, L.M. - Etude des propriétés rhéologiques des types structuraux de bitume sous déformation statique ou dynamique. In: Bulletin de liaison nr.sp.V/1977.
35. REINER, M. - Advanced rheology. H.L. Lewis & Co Ltd. London, 1971.
36. PERSOZ, B. - Introduction à l'étude de la rhéologie, Dunod, Paris, 1960.
37. KOHLER, G. - Viskositätsklassifikation für bitumen im Westen der U.S.A. In: BTAP nr. 5/1973.
38. DUTHIE, J.L. - Specificationsvorschläge für Bitumen aufgrund exakt-rheologischer Eigenschaftsmerkmale. In: BTAP nr.11/72.
39. SHOOR, S.K., MAJIDZADIM, K., SCHWELER, H. - Funcții de temperatură. Curgerea pentru unele bitumuri de drumuri. In: Highway Research Record nr. 174/1966.
40. EIRICH, R.F. - Rheology. Theory and applications. New York, 1960.
41. LOBODEANU, M. - Folosirea reologiei la studiul comportării bitumurilor. In Revista transporturilor nr. 9/1963.

42. SVETEL, D. - Relații între structura și proprietățile biturilor. Raport la primul Colocviu RILEM, Dresda, 1968.
43. JERGAN, S. - Studii reometrice cu aplicații la fluajul mixturilor asfaltice. Teză de doctorat, București, 1971.
44. PINESCU, A. - Cercetări asupra proprietăților structural-mecanice ale mixturilor asfaltice. Teză de doctorat, București, 1966.
45. GANDHARV R.B., LOYD, F.R. - Effects of asphalt viscosity on physical properties of asphaltic concrete. In: Highway research record nr. 67/1965.
46. LOBODEANU, M. - Cunoașterea proprietăților fizico-chimice ale biturilor, factor de ameliorare a mixturilor asfaltice. In: Revista transporturilor nr. 2/1962.
47. KONINKLIJKE F. - Steifigkeits modul der Bitumes. In: BTAP nr. 6/1974.
48. MAJIDZADEH, K., SCHWEYER, H. - Comportarea visco-elastică a biturilor în apropierea temperaturii de vitrifiere. In: Proceeding of the association of asphalt paving technologists vol. 36/1967.
49. HEUKELOM, W. - Une méthode améliorée de caractérisation des bitumes par leurs propriétés mécaniques. In: Bulletin de liaison nr. 76/1975.
50. HEUKELOM, W. - Abaque expérimentale décrivant le comportement mécanique de bitume en fonction de la température. In: RGRA nr. 454/1970.
51. HATHORLY, L.W., Weaver, P.C. - Asphaltic road material. Ed. Arnold Edward, London. 1967.
52. PFEMFFER, I.P.H. - The properties of asphaltic bitumen. Ed. Elsevier, 1969.
53. SVETEL, D. - The characteristic of new jugoslav specification for the road bitumen. RILEM, Budapest, 1975.
54. DIDIER, B. - Eléments de rhéologie. In: Double Liaison chimie des peintures, vol. XXI, nr. 231/1974.
55. MIHALOV, A., KOLDAPOVSKAIA, A.S. - Dorozhnie bitumi, Transport Moskva, 1973.

56. VATER, E.J. - Viskoolastisches Verhalten von Distillationsbitumen. In: BTAP nr. 9/1972.
57. BATS, F., BROUVARS, J. - Technical committees on flexible roads, Draft report on ageing of road bitumens, 1974.
58. HUNT, J. - Enseignements tirés des routes expérimentales en betons asphaltiques. In: La technique routière nr. 1/1974.
- 59. ZAROJANU, H. - Drumuri. Suprastructura. Institutul Politehnic "Gh. Asachi", Iași, 1973.**
60. AJOUR, A.M., BICHERON, L., GRIGNARD, V. - Planche expérimentale de Marseille. Rapport de recherche L.O.P.C., 1969.
61. KNOLNERUS, J. - La longévité des bitumes mesurée par absorption d'oxygène. In: Bulletin de liaison nr. 68/1973.
62. GOLDENBERG, H., HORAN, DIDICESCU - Incercarea materialelor plastice. Editura tehnică, București, 1967.
63. NEDELCU, N., APOSTOL, T. - Echivalarea factorului timp de încercare de îmbătrânire accelerată produsă de camera climatică artificială WEATHER OMMETER ATLAS cu condițiile atmosferice. Referat MCInd. București, 1969.
64. DOAN, T.H., GRIGNARD, A., UGE, P. - Evolution sur la route des liants et enrobés bitumineux. Rapport de recherche LCIC nr. 45/1975.
65. TEODORESCU, D., ABRAMOVICI, B. - Modificări reologice ale bitumului din îmbrăcămintea rutieră datorită îmbătrânirii și metode de combatere. București, 1968.
66. KENNEL, M. - Etude de la resistance à la fatigue des betons bitumineux. In: RGRA nr. 483/1973.
67. PELL, P.S. - The response of bitumen + aggregate mixes to repeated applications of load. RILEM, Budapesta, 1975.
68. DOAN, T.H. - Les études de fatigue des enrobés bitumineux au LCPC. In: Bulletin de liaison nr. 84/1976.
69. AGNUSDEI, J.D., FREZZINI, P.O., COMAI, A. - Ageing of asphalt during the mixing process. RILEM, Budapesta, 1975.
70. MOMTCHEVA, L. - Liants hidrocarbonés. Congres Mondial de la Route, Mexico, 1975.

71. JUSTER, A. - Îmbătrânirea, factor important în aprecierea calității bitumului pentru drumuri. In: Revista transporturilor nr. 2/1962.
72. TERZIEN, V. - Cercetări asupra îmbătrânirii biturilor. RILEM, Dresda, 1968.
73. KNOTNERUS, J. - Cercetarea biturilor din punct de vedere al compoziției. RILEM, Dresda, 1968.
74. NICOARA, L. - Curs de drumuri, vol. IV. Îmbrăcăminți rutiere moderne. Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1975.
75. CHOMTON, G., PENNEVIERE, I.M., BARDET, J. - Conception moderne des enrobés bitumineux routiers. In: RGRA nr. 487/1973.
76. DOROBANTU, S. - **Posibilități de re folosire a mixturilor asfaltice uzate și îmbătrânite. Consfătuire Timișoara, 1978.**  
1977.
77. BILTIU, A. - Cauzele producerii vălurilor la îmbrăcămințile asfaltice executate cu nisip bituminos și posibilitatea reutilizării mixturilor asfaltice din sectoarele vălurite. In: Construcții în transporturi, vol. XXV/1972.
78. SIMONCELLI, J.F., UGE, P. - Les déformations permanentes des enrobés bitumineux. In: RGRA nr. 500/1974.
79. FODOR, G., TEODORILESCU, D. ș.a. - Încercarea la oboseală a mixturilor asfaltice - o posibilitate de simulare în laborator a solicitării rutiere bituminoase. In: Revista transporturilor nr. 2/1979.
80. FRANCKEN, L., HAMPSON, A.H. - Appareillage de compression sous charges répétées. In: La technique routière, vol. XVII/1972.
81. CARRE, C. - Résistance à la traction des enrobés bitumineux. In: RGRA nr. 414/1966.
82. LINDER, R. - Application de l'essais de traction directe aux enrobés bitumineux. In: Bulletin de liaison nr.sp. V/1977.
83. LINDER, R. - Comportement en traction simple des enrobés hydrocarbonés. Rapport de recherche LGPO nr. 71/1977.
84. CHOMTON, G., VALAYER, A.T. - Recherches sur les enrobés bitumineux. Applications pratiques. In: RGRA nr. 451/1970.

85. MOREAUD, M. - Cisaillement des enrobés bitumineux. In: RGRA nr. 447/1969.
86. MOUTIER, F. - Utilisation et possibilités de la presse à cisaillement giratoire. In: Bulletin de liaison nr.sp.V/1977.
87. FODOR, G., THEODORESCU, D. ș.a. - Elaborarea unei metode de dimensionare pentru sisteme rutiere nerigide fundamentată pe baze științifice ținând seama de solicitările traficului în interdependență cu factorii climatici specifici țării noastre. Referat IOPIT, 1978.
88. BROWN, S.F. - Essais triaxiaux sur enrobés bitumineux en chargement répété ou en fluage. In: Bulletin de liaison nr. sp. V/1977.
89. BRIEN, D., ș.a. - Relation entre des essais de fluage et d'orniérage. In: RGRA nr. 499/1974.
90. PECHENY, B.G., ZHELEZKO, E.F. - Investigation into the strength and deformation of asphaltic concretes bound by various bitumen at mechanical and temperature stress. RILEM, Budapest, 1975.
91. GODDARD, R., POWELL, W.D. - Résistance à la fatigue des enrobés données: Influence des facteurs formulation et température. In: Bulletin de liaison nr. sp. V/1977.
92. SOLIMAN, S. - Influence des paramètres de formulation sur le comportement à la fatigue d'un enrobé bitumineux. Rapport de recherche nr. 58/1976.
93. AUSSÉDAT, G. - L'essai de fluage dynamique dans la formulation des enrobés et le dimensionnement des chaussées. In: Bulletin de liaison nr.sp. V/1977.
94. VITTORIO, C. - La tecnica dei conglomerati bituminosi. In: Strade e traffico nr. 230/1973.
95. AUSSÉDAT, G., AZIBERT, CH., MONNIOT, M.F. - Méthode pratique pour le dimensionnement des chaussées à la fatigue. In: RGRA nr. 495/1974.
96. FRANCKEN, L. - Module complexe des mélanges bitumineux. In: Bulletin de liaison nr.sp. V/1977.



97. UGE, P. ș.a. - Nouvelle méthode de calcul du module complexe des mélanges bitumineux. In: Bulletin de liaison nr. sp. V/1977.
98. ELVIRA, J.L., FERNANDEZ DEL CAMPO, J.A. - Comportement mécanique des mélanges bitumineux. In Bulletin de liaison nr.sp. V/1977.
99. DOAN, T.H., SOLIMAN, S. - Influence des paramètres de formulation sur le module et la résistance à la fatigue des graves bitume. In: Bulletin de liaison nr. sp. V/1977.
100. GUNTRAM, K. - Der Bindemittelgehalt im Asphaltbeton aus rheologischen Sicht. In: BTAP nr. 7/1973.
101. BRUNO CELARD - Die Bemessung von Asphalttragschichten hinsichtlich Ermüdung. In Strasse und Autobahn heft nr. 9/1978.
102. VALLAYER, P. - Research on mechanical phenomena in roads and asphalt mixes. In: Road and road construction, vol. 48, nr. 567/1970.
103. PELL, P.S. - The response of bitumen-aggregate mixes to repeated applications of load. RILEM, Budapesta, 1975.
104. NICOARA, L, BILTIU, A. - Etude sur les variations sous le trafic de quelques caractéristiques des couches bitumineuses. Raport la cel de-al II-lea Colocviu RILEM, Budapesta, 1975.
105. GRIMAU, J.P. - Utilisation de l'ornièur type LCPC. In: Bulletin de liaison nr.sp. V/1977.
106. NICOARA, L. - Defecțiunile înbrăcăminților rutiere. Tehnologi pentru prevenirea și remedierea lor. Teză de doctorat, Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1974.
107. MORAND, H., PLOUHINEC, J. - La presse à compaction giratoire. In: RGRA nr. 466/1971.
108. GUBRICKE, R. - Ein Beitrag für die Beurteilung des Dauerbiegevermögens und der viskoelastischen Steifigkeit bituminöser Gemische. Dissertation. Hochschule für Bauwesen, Leipzig, 1971.
109. GEORGIEV, N., ș.a. - Investigation on the influence of the adhesive additives on some characteristics of the road bitumes. RILEM, Budapesta, 1975.

110. GUSEFFELDT, K. - Factors governing adhesion in bituminous mixtures. RILEM, Budapesta, 1975.
111. AJOUR, A.M. - Le problème de l'adhésivité liants hydrocarbonés - granulats. Cahier 17 BM/nr. 3/1979.
112. KUNATH, H. - Considerații critice asupra procedurilor vechi de cercetare pentru aprecierea aderenței lianților bituminoși în construcția drumurilor. In: Die Strasse nr. 4/1971.
113. TEODORESCU, D., IONESCU, A., ACHIMESCU, O. - Îmbunătățirea calității biturilor rutiere prin adăos de aditivi amido-aminici. In: Revista transporturilor nr. 6/1973.
114. BILTIU, A. - Adezivitatea lianților hidrocarbonați. In: MJD Drumuri, poduri, nr. 12/1973.
115. TEODORESCU, D., ACHIMESCU, O., VOINEA, I.M. - Determinarea adezivității bitumului rutier și a emulsiilor bituminoase cationice cu rupere rapidă față de agregatele minerale. Referat IOPTT, 1975-1976.
116. TEODORESCU, D., IONESCU, A., ACHIMESCU, O., TODOR, D. - L'amélioration de l'adhésivité des bitumes routiers par un produit du type amido-polyaminique. RILEM, Budapesta, 1975.
117. SAUTERY, M. - Compte rendu de la journée technique de viabilité sur l'adhésivité des granulats routiers. In: RGRA dec/1974.
118. ORSET, R., GRIMAU, J.P. - Enrobés bitumineux. In: Bulletin de liaison nr.sp. V/1977.
119. NICOARA, L., MUNTEANU, V., IONESCU, H. - Intreținerea și exploatarea drumurilor. Editura tehnică, 1979.
120. DOROBANTU, S., JERCAN, S. ș.a. - Drumuri. Editura Tehnică. București, 1980.
121. BOB, O. - Materiale de construcții. Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1975.
122. NICOARA, L. - Necesitatea introducerii unei terminologii rutiere corecte și unitare. Sesiunea de comunicări tehnico-științifice, Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1979.

123. TEODORESCU, D. ș.a. - Cercetări privind determinarea influenței preîncălzirii îndelungate a bitumului 80-120 prin metoda piourător sau prin ulei mineral încălzit, asupra calității acestui bitum după introducerea lui în operă. Referat ICPTT, 1973-1974.
124. TEODORESCU, D. ș.a. - Cercetări în vederea stabilirii nomenclatorului de calitate și de sorturi precum și domeniul de folosire al biturilor fabricate în R.S.R. în funcție de materia primă și proces tehnologic. Referat ICPTT, 1976.
125. TEODORESCU (IONESCU), D. ș.a. - Cercetări privind realizarea de îmbrăcămînți rutiere bituminoase cu rezistențe ridicate la solicitările traficului rutier și la acțiunea factorilor climatici pe baza îmbunătățirii caracteristicilor bitumului de drumuri. 1977, 1978, Referat ICPTT.
126. IONESCU, D. (TEODORESCU) - Méthode de récupération des liants du revêtement usé et informations relatives au recyclage, Referat RILEM Comisia 56 MHM, 1982.
127. KALMUTCHI, G. ș.a. - Analiza instrumentală a cinci probe de bitum. Referat ICITPR Ploiești, 1976.
128. IONESCU, D. (TEODORESCU), ș.a. - Cercetarea mixturilor asfaltice fabricate în modelul funcțional de tip uscător malaxor în vederea omologării acestuia. Referat ICPTT, 1979-1982.
129. TURCU, M., IONESCU, D. ș.a. - Urmărirea comportării în exploatare a sectoarelor experimentale de pe DN 5 Km 23+150 - 25+35 și 42+000 - 42+450. Referat ICPTT, 1981-1982.
130. GIUSCA, G., NAIU, M., ș.a. - Tehnologie îmbunătățită pentru prepararea mixturilor bituminoase destinate executării îmbrăcămînților rutiere în vederea reducerii conținutului de bitum și raționalizării consumului de agregate minerale. Referat ICPTT, 1979-1982.
131. X X X - Bitumes et enrobés bitumineux. Journées d'information, Paris, 1971.
132. X X X - AASHO T 102-57. Spot Oliensis Test.
133. X X X - B.S. 4694/1971 - Method for determination of acidity of bitumen.
134. X X X - Information concernant l'essai de rupture par compression diamétrale sur enrobés hydrocarbonés. In: La Technique routière 2/1973.

135. X X X - The university of Michigan fourth international conference structurale design of asphalt pavements, vol. I. Proceedings Ann Arbor, Michigan, U.S.A., 1977.
136. X X X - Essais physico-chimiques sur les bitumes - dosage de l'acidité par potentiométrie, LCPO, Paris, 1974.
137. X X X - Lucrările celui de-al XV-lea Congres Mondial de Drumuri, Mexic, 1975.
138. X X X - SNV 671.744 - Lianta hidrocarbonés. Détermination de l'indice de pénétration.

## BORDEROU TABELE

### CAPITOLUL I - CARACTERISTICILE ȚIȚEIURILOR ROMÂNEȘTI, MODUL LOR DE PRELUCRARE ȘI TEHNOLOGIA DE FABRICARE A BITUMURILOR. ANALIZA BITUMURILOR DIN PRODUCȚIA CURENTĂ EFECTUATĂ PE BAZA METODOLOGIILOR ÎN VIGOARE ÎN RSR

- |         |       |   |
|---------|-------|---|
| Tabelul | I.1.  | Caracteristicile principale ale țiteiurilor românești reprezentative - anexa I, pag. 1.                                   |
| Tabelul | I.2.  | Caracteristicile țiteiurilor prelucrate de rafinăria Vega - anexa I, pag. 2.  |
| Tabelul | I.3.  | Caracteristicile țiteiurilor prelucrate de rafinăria nr. 1 Ploiești - anexa I, pag. 5.                                    |
| Tabelul | I.4.  | Caracteristicile țiteiurilor prelucrate de rafinăria Crișana - anexa I, pag. 6.   |
| Tabelul | I.5.  | Caracteristicile țiteiurilor prelucrate de rafinăria Teleajen - anexa I, pag. 7.  |
| Tabelul | I.6.  | Caracteristicile păcurilor - anexa I, pag. 10.  |
| Tabelul | I.7.  | Caracteristicile asfalt-masei și a păcurilor utilizate la fabricarea bitumurilor de drumuri, pl                           |
| Tabelul | I.8.  | Tablă recapitulativă privind condițiile de obținere ale bitumurilor de drumuri din țiteiuri românești - anexa I, pag. 11. |
| Tabelul | I.9.  | Caracteristicile bitumului tip D 80/120 prelevat din producția curentă - rafinăria Vega. - anexa I, pag. 13.              |
| Tabelul | I.10. | Caracteristicile bitumului tip D 80/120 prelevat din producția curentă - rafinăria nr.1 Ploiești - anexa I, pag. 14.      |
| Tabelul | I.11. | Caracteristicile bitumului tip D 80/120 prelevat din producția curentă - rafinăria Crișana - anexa I, pag. 15.            |
| Tabelul | I.12. | Caracteristicile bitumului tip D 80/120 prelevat din producția curentă - rafinăria Teleajen - anexa I, pag. 16.           |

- Tabelul I.13. Interpretarea statistică a rezultatelor obținute la analiza probelor de bitum - anexa I, pag. 17.
- Tabelul I.14. Repartiția procentuală a valorilor penetrației la 25<sup>0</sup>C a biturilor fabricate de rafinăria Crișana. pag. 15.
- Tabelul I.15. Repartiția procentuală a valorilor caracteristicilor de comportare ale biturilor fabricate de rafinăria nr.1 Ploiești în condiții de temperaturi scăzute și la încălzire, pag. 16.
- Tabelul I.16. Repartiția procentuală a valorilor caracteristicilor biturilor fabricate de rafinăria Teleajen, pag. 17.
- Tabelul I.17. Repartiția procentuală a valorilor cîmpului de plasticitate al biturilor în funcție de proveniența fiecăruia. pag. 18.

CAPITOLUL II - CARACTERISTICILE BITURILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL COMPOZIȚIEI

- Tabelul II.1.1. Caracteristicile asfaltelor din bituri în funcție de originea țițeiurilor. pag. 24.
- Tabelul II.1.2. Caracteristicile fracțiilor separate din bituri - anexa II, pag. 1.
- Tabelul II.1.3. Caracteristicile bitumului și ale amestecurilor binare de fracții - anexa II, pag. 2.
- Tabelul II.3.1. Rezultatele obținute la analiza elementară a biturilor - anexa II, pag. 3.
- Tabelul II.3.2. Compoziția materiei prime de fabricație a biturilor. pag. 40.
- Tabelul II.3.3. Compoziția probelor medii de bitum reprezentative pentru rafinării. pag. 41.
- Tabelul II.3.4. Modificarea compoziției materiei prime de obținere a biturilor prin oxidare. pag. 42.
- Tabelul II.3.5. Compoziția pe patru grupe de componenți a biturilor. - anexa III, pag. 4.

- Tabelul II.3.6. Indicele de refracție al fracțiunilor de hidrocarburi saturate și aromatice conținute de bitum și materie primă, pag. 44.
- Tabelul II.3.7. Masa moleculară a grupelor de componente conținute de maltenele biturilor cercetate, pag. 45.
- Tabelul II.3.8. Absorbanta determinată pentru grupele principale de componente din biturile cercetate, pag. 46.
- Tabelul II.3.9. Aciditatea biturilor, pag. 47.
- Tabelul II.3.10. Coeficientul de absorbție determinat pentru bituri, pag. 48.
- Tabelul II.3.11. Compoziția pe patru grupe de componente similari. Calculul statistic al rezultatelor obținute - anexa II, pag. 5.
- Tabelul II.3.12. Caracterizarea biturilor din punct de vedere al compoziției și structurii, pag. 53.

CAPITOLUL III - CARACTERIZAREA BITURILOR DIN PUNCT DE VEDEERE AL COMPORTARII REOLOGICE

- Tabelul III.1.1. Propuneri pentru definirea stărilor structurale ale biturilor, pag. 57.
- Tabelul III.2.1. Caracteristicile tehnice ale viscozimetrelor utilizate în cercetare, pag. 66.
- Tabelul III.3.1. Indici de caracterizare ai biturilor - anexa III, pag. 1.
- Tabelul III.3.2. Indicele de penetrație și susceptibilitatea termică a biturilor - anexa III, pag. 2.
- Tabelul III.3.3. Valorile viscozității dinamice pentru condiții de temperatură și efort variabil, pag. 72.
- Tabelul III.3.4. Valorile temperaturilor de echiviscositate a biturilor cercetate, pag. 73.
- Tabelul III.3.5. Susceptibilitatea termică a biturilor pentru domenii diferite de variație ale duratei de solicitare, pag. 75.

Tabelul III.3.6. Susceptibilitatea termică a biturilor cercetate - anexa III, pag. 3.

Tabelul III.3.7. Valori ale modulului de rigiditate obținute în condiții diferite de solicitare - anexa III, pag. 4.

#### CAPITOLUL IV - CARACTERIZAREA BITURILOR DIN PUNCT DE VEDERE AL SUSCEPTIBILITĂȚII LA ÎMBĂTRÂNIRE

Tabelul IV.1.1. Componența radiației solare, pag. 92.

Tabelul IV.1.2. Caracteristicile tehnice ale celor mai uzuale camere climatice de îmbătrânire, pag. 96.

Tabelul IV.2.1. Metode de îmbătrânire accelerată aplicate în cercetare - anexa IV, pag. 1.

Tabelul IV.3.1. Analiza pe grupe de componenți a biturilor îmbătrânite prin expunere în camera climatică Feutron - anexa IV, pag. 3.

Tabelul IV.3.2. Indici de caracterizare ai compoziției, structurii și comportării biturilor îmbătrânite în camera climatică Feutron - anexa IV, pag. 5.

Tabelul IV.3.3. Absorbauța determinată pe bitumul ca atare și îmbătrânit în camera climatică Feutron, pag. 102.

Tabelul IV.3.4. Caracteristicile biturilor reprezentative pentru rafinării. Proba medie preparată în laborator și proba medie prelevată din topitorul instalației de fabricare a mixturii la șantier - anexa IV, pag. 7.

Tabelul IV.3.5. Rezultatele analizei biturilor extrase din mixtura fabricată cu bitum de la rafinăria Vojta - anexa IV, pag. 8.

Tabelul IV.3.6. Rezultatele analizei biturilor extrase din mixtura fabricată cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești - anexa IV, pag. 10.

Tabelul IV.3.7. Rezultatele analizei biturilor extrase din mixtura fabricată cu bitum de la rafinăria Orișana - anexa IV, pag. 12.



- Tabelul IV.3.8. Rezultatele analizei biturilor extrase din mixtura fabricată cu bitum de la rafinăria Teleajen - anexa IV, pag. 14.
- Tabelul IV.3.9. Absorbanta determinată pe bitumul ce atare și în diferite stadii de îmbătrânire, pag. 107.
- Tabelul IV.3.10. Vîscozitatea dinamică a biturilor în diferite stadii de îmbătrânire comparativ biturilor inițiale, pag. 113.
- Tabelul IV.3.11. Creșterea consistenței biturilor prin îmbătrânire, exprimată prin valoarea pragului de tensiune, pag. 115.
- Tabelul IV.3.12. Susceptibilitatea termică a biturilor îmbătrânite calculată pe baza determinărilor de vîscozitate, pag. 118.
- Tabelul IV.3.13. Susceptibilitatea termică a biturilor îmbătrânite comparativ celor inițiale, determinate pe baza diagramelor de reprezentare, pag. 120.
- Tabelul IV.3.14. Caracteristicile biturilor extrase din carotele prelevate de pe autostrada București - Pitești, anexa IV, pag. 16.
- Tabelul IV.3.15. Caracteristicile reologice ale biturilor extrase din mixtura îmbătrînutei de pe autostrada București-Pitești, pag. 123.

**CAPITOLUL V - CARACTERIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE CU BITUM DE LA RAFINĂRIILE VEGA, NR. 1 PLOIEȘTI, CALSANA ȘI TELEAJEN**

- Tabelul V.3.1. Granulozitatea agregatelor minerale, pag. 138.
- Tabelul V.3.2. Dozajele agregatelor minerale din mixtura asfaltică, pag. 139.
- Tabelul V.3.3. Caracteristicile mixturilor preparate în laborator - anexa V, pag. 1.
- Tabelul V.3.4. Caracteristicile mixturilor asfaltice din punct de vedere al comportării față de apă, pag. 140.

- Tabelul V.3.5. Rezultatele încercărilor mixturilor asfaltice preparate în laborator în condiții de viteză și temperatură variabilă - anexa V, pag. 2.
- Tabelul V.3.6. Rezultatele încercărilor la oboseală a mixturilor preparate în laborator - anexa V, pag. 3.
- Tabelul V.3.7. Caracteristicile de variație ale densității aparente a epruvetelor supuse încercărilor de oboseală, pag. 143.
- Tabelul V.3.8. Tabela de corelație a rezultatelor obținute la încercarea la oboseală a mixturilor preparate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești - anexa V, pag. 5.
- Tabelul V.3.9. Tabela de corelație a rezultatelor obținute la încercarea la oboseală a mixturilor preparate cu bitum de la rafinăria Teleajen - anexa V, pag. 6.
- Tabelul V.3.10. Valorile rapoartelor de corelație și ale coeficientului de corelație, obținute pentru mixturile asfaltice cercetate, pag. 144.
- Tabelul V.3.11. Valorile lui F obținute din calcul, pag. 145.
- Tabelul V.3.12. Caracteristicile parametrilor regresiei, pag. 146.
- Tabelul V.3.13. Temperaturile de prelucrare ale mixturilor asfaltice, pag. 149.
- Tabelul V.3.14. Temperatura mixturilor asfaltice la cilindrare, pag. 150.
- Tabelul V.3.15. Compoziția mixturilor fabricate cu bitum de la rafinăria Vega - Formația Urziceni - anexa V, pag. 7.
- Tabelul V.3.16. Compoziția mixturilor fabricate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești - Formația Urziceni - anexa V, pag. 8.
- Tabelul V.3.17. Compoziția mixturilor fabricate cu bitum de la rafinăria Crișana - Formația Urziceni - anexa V, pag. 9.
- Tabelul V.3.18. Compoziția mixturilor fabricate cu bitum de la rafinăria Teleajen - Formația Urziceni - anexa V, pag. 10.

- Tabelul V.3.19. Caracteristicile mixturii fabricate în instalația industrială cu bitum de la rafinăria Vega-anexa V, pag. 11.
- Tabelul V.3.20. Caracteristicile mixturii fabricate în instalația industrială cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești - anexa V, pag. 13.
- Tabelul V.3.21. Caracteristicile mixturii fabricate în instalația industrială, cu bitum de la rafinăria Crișana - anexa V, pag. 15.
- Tabelul V.3.22. Caracteristicile mixturii fabricate în instalația industrială, cu bitum de la rafinăria Telegașon - anexa V, pag. 17.
- Tabelul V.3.23. Caracteristicile mixturilor asfaltice preparate în laborator și în instalația industrială, pag. 152.
- Tabelul V.3.24. Caracteristicile mixturilor determinate la temperatura de 50<sup>0</sup>C, pag. 154.
- Tabelul V.3.25. Susceptibilitatea termică a mixturilor asfaltice pag. 154.
- Tabelul V.3.26. Pozițiile kilometrice de prelevare a carotelor de pe autostrada București-Pitești, pag. 159.
- Tabelul V.3.27. Caracteristicile mixturilor din carotele prelevate de pe autostrada București-Pitești - anexa V, pag. 19.

## BORDEROU FIGURI

### CAPITOLUL I - CARACTERISTICILE TITELURILOR ROMANEȘTI, MODUL LOR DE PRELUCRARE ȘI TEHNOLOGIA DE FABRICARE A BITUMURILOR. ANALIZA BITUMURILOR DIN PRODUCȚIA CURELĂTĂ EFECTUATĂ PE BAZA METODOLOGIILOR ÎN VIGOREN ÎN RSR

- Figura I.1. Schema de cercotare
- Figura I.2. Procesul tehnologic de fabricare al bitumului de la rafinăria Vega
- Figura I.3. Procesul tehnologic de fabricare al bitumului de la rafinăria nr. 1 Ploiești
- Figura I.4. Procesul tehnologic de fabricare al bitumului de la rafinăria Crișana
- Figura I.5. Procesul tehnologic de fabricare al bitumului de la rafinăria Teleajen
- Figura I.6-I.15: Rezultatele analizelor STAS 754-72:
- Figura I.6. - Punct de înmuiere IB
  - Figura I.7. - Punct de inflamabilitate Marcusson
  - Figura I.8. - Penetrația la 25<sup>0</sup>C
  - Figura I.9. - Punct de rupere Fraass
  - Figura I.10 - Conținut în parafină
  - Figura I.11 - Densitatea la 15<sup>0</sup>C
  - Figura I.12 - Ductilitate la 0<sup>0</sup>C
  - Figura I.13 - Solubilitate în CCl<sub>4</sub>
  - Figura I.14 - Pierdere de masă
  - Figura I.15 - Scăderea penetrației
- Figura I.16. Variația penetrației cu temperatura
- Figura I.17. Variația ductilității cu temperatura
- Figura I.18. Domeniul de variație al ductilității cu temperatura
- Figura I.19. Intervalul de variație dintre valorile punctului de înmuiere IB și ale punctului de rupere Fraass

Figura I.20. Variația valorilor cîmpului de plasticitate

CAPITOLUL II - CARACTERIZAREA BITUMURILOR DIN PUNCT DE VEDEERE  
AL COMPOZIȚIEI

- Figura II.1.1. Variația diferitelor serii de hidrocarburi conținute în bitum în funcție de raportul C/H
- Figura II.1.2. Structuri propuse pentru asfaltene
- Figura II.1.3. Structuri propuse pentru maltene
- Figura II.1.4. Domenii de utilizare a bitumurilor stabilite pe baza compoziției
- Figura II.1.5. Grafic ternar de corelare a compoziției bitumurilor cu principalele caracteristici de comportare
- Figura II.1.6. Schema de fracționare a bitumurilor după metoda O'Donnell - anexa II, pag. 9
- Figura II.1.7. Schema de fracționare a bitumurilor după metoda Chelton și Traxler - anexa II, pag. 10
- Figura II.1.8. Schema de fracționare a bitumurilor după metoda Bestougeoff - anexa II, pag. 11
- Figura II.2.1. Schema de cercetare
- Figura II.3.1. Compoziția elementară a probelor medii de bitum reprezentative pentru rafinării
- Figura II.3.2. Compoziția pe grupe de componente a materiei prime și a probelor medii de bitum reprezentative pentru rafinării
- Figura II.3.3. Spectrul de absorbție în IR al hidrocarburilor aromatice din bitumul de la rafinăria Vega
- Figura II.3.4. Spectrul de absorbție în IR al hidrocarburilor aromatice din bitumul de la rafinăria Crișana
- Figura II.3.5. Spectrul de absorbție în IR al hidrocarburilor aromatice din bitumul de la rafinăria Teleajen
- Figura II.3.6. Spectrul de absorbție în IR al rășinilor din bitumul de la rafinăria Vega

- Figura II.3.7. Spectrul de absorbție în IR al rășinilor din bitumul de la rafinăria Crișana
- Figura II.3.8. Spectrul de absorbție în IR al rășinilor din bitumul de la rafinăria Teleajen
- Figura II.3.9. Difractograma asfalturilor extrase din bitumul de la rafinăria Vega
- Figura II.3.10. Difractograma asfalturilor extrase din bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești
- Figura II.3.11. Difractograma asfalturilor extrase din bitumul de la rafinăria Crișana
- Figura II.3.12. Difractograma asfalturilor extrase din bitumul de la rafinăria Teleajen
- Figura II.3.13. Aciditatea biturilor determinată potențioelectric pe probele medii reprezentative pentru rafinării
- Figura II.3.14. Spectrul de absorbție în IR al bitumului de la rafinăria Vega
- Figura II.3.15. Spectrul de absorbție în IR al bitumului de la rafinăria nr.1 Ploiești
- Figura II.3.16. Spectrul de absorbție în IR al bitumului de la rafinăria Crișana
- Figura II.3.17. Spectrul de absorbție în IR al bitumului de la rafinăria Teleajen
- Figura II.3.18. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria Vega determinat prin microscopie electronică
- Figura II.3.19. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria nr.1 Ploiești determinat prin microscopie electronică
- Figura II.3.20. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria Crișana determinat prin microscopie electronică
- Figura II.3.21. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria Teleajen determinat prin microscopie electronică
- Figura II.3.22. Compoziția biturilor. Limita de variație a grupelor de componente

Figura II.3.23. Compoziția biturilor

CAPITOLUL III - CARACTERIZAREA BITURILOR DIN PUNCT DE VEDERE  
AL COMPORTĂRII REOLOGICE

- Figura III.1.1. Structura ipotetică a unei molecule de asfaltene după Winniford și Bersohn
- Figura III.1.2. Așezarea straturilor plane în moleculele de asfaltene și structura lor după Yen
- Figura III.1.3. Difrakția electronică a asfaltanelor
- Figura III.1.4. Curbe de variație ale entalpiei,  $H$ , în funcție de temperatură,  $T$
- Figura III.1.5. Starea structurală a amestecurilor, în funcție de conținutul în asfaltene, la diferite temperaturi
- Figura III.1.6. Model propus pentru structura sol-gel
- Figura III.1.7. Curbe de curgere pentru sisteme structurate
- Figura III.1.8. Variația gradientului vitezei de forfecare,  $\dot{\gamma}$  și a vâscozității dinamice,  $\eta$ , în funcție de efort
- Figura III.1.9. Curbe de curgere și caracteristici structurale ale biturilor
- Figura III.1.10. Curbe de variație a consistenței în funcție de durata de acționare a sarcinii
- Figura III.1.11. Variația comportării reologice a unui bitum în funcție de temperatură
- Figura III.1.12. Variația factorului de translație în funcție de temperatură
- Figura III.1.13. Nomograma Van der Pöel ( $T_{IB}$ )
- Figura III.1.15. Nomograma pentru determinarea indicelui de penetrație
- Figura III.1.16. Diagrama pentru determinarea coeficientului de sensibilitate termică,  $K_t$
- Figura III.1.17. Diagrama pentru determinarea punctului de rupere Fraass în funcție de punctul de înmuiere,  $IB$  și coeficientul de sensibilitate termică,  $K_t$

- Figura III.2.1. Schema de cercetare
- Figura III.3.1. Indicoale de penetrație al biturilor de la rafinăria Vega, nr.1 Floiești, Crișana și Teleajen
- Figura III.3.2. Variația vitezei de forfecare,  $v$ , în funcție de efort,  $\sigma$
- Figura III.3.3. Variația gradientului vitezei de forfecare cu efortul
- Figura III.3.4. Variația modulului de rigiditate,  $S_b$ , al probelor medii de bitum cu durata de acționare a sarcinii,  $t$
- Figura III.3.5. Variația modulului de rigiditate,  $S_b$ , al probelor medii de bitum cu temperatura,  $T$
- Figura III.3.6. Diagrama de reprezentare a probelor medii de bitum
- Figura III.3.7. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_b$ , al probelor medii de bitum

CAPITOLUL IV - CARACTERIZAREA BITURILOR DIN PUNCT DE VEEDERE  
AL SUSCEPTIBILITĂȚII LA ÎMBĂTRÎNIRE

- Figura IV.1.1. Oxidarea biturilor la lumină, la diferite temperaturi
- Figura IV.1.2. Absorbția oxigenului de grupul de componente separate dintr-un bitum de Venezuela
- Figura IV.1.3. Curba lui Wöhler
- Figura IV.2.1. Schema de cercetare
- Figura IV.3.1. Creșterea conținutului în asfaltene în procesul de îmbătrânire accelerată
- Figura IV.3.2. Compoziția biturilor înainte și după îmbătrânire accelerată
- Figura IV.3.3. Modificarea raportului rășini/asfaltene al biturilor după îmbătrânire accelerată
- Figura IV.3.4. Modificarea coeficientului de dispersie al biturilor după îmbătrânire accelerată



- Figura IV.3.5. Modificarea punctului de rupere Fraass al biturilor după îmbătrânire accelerată
- Figura IV.3.6. Aspectul structurii bitumului îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) determinat prin microscopie electronică - rafinării Vega
- Figura IV.3.7. Aspectul structurii bitumului îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) determinat prin microscopie electronică - rafinării nr. 1 Ploiești
- Figura IV.3.8. Aspectul structurii bitumului îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) determinat prin microscopie electronică - rafinării Crișana
- Figura IV.3.9. Aspectul structurii bitumului îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) determinat prin microscopie electronică - rafinării T eleoajen
- Figura IV.3.10. Aspectul peliculelor de bitum îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) - rafinării Vega
- Figura IV.3.11. Aspectul peliculelor de bitum îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) - rafinării nr. 1 Ploiești
- Figura IV.3.12. Aspectul peliculelor de bitum îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) - rafinării Crișana
- Figura IV.3.13. Aspectul peliculelor de bitum îmbătrânit accelerat în camera climatică Foutron (48 cicluri) - rafinării Teleoajen
- Figura IV.3.14. Creșterea conținutului în asfaltene în procesul de îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.15. Compoziția biturilor înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.16. Aciditatea biturilor înainte și după îmbătrânire naturală

- Figura IV.3.17. Difractograma asfaltonelor din bitumul de la rafinăria Vega după îmbătrânire naturală (1 an)
- Figura IV.3.18. Difractograma asfaltonelor din bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești după îmbătrânire naturală (1 an)
- Figura IV.3.19. Difractograma asfaltonelor din bitumul de la rafinăria Crișana după îmbătrânire naturală (1 an)
- Figura IV.3.20. Difractograma asfaltonelor din bitumul de la rafinăria Teleajen după îmbătrânire naturală (1 an)
- Figura IV.3.21. Modificarea coeficientului de dispersie (OD) și a raportului rășini/asfaltene ale bitumurilor după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.22. Modificarea indicelui de instabilitate coloidală (IC) al bitumurilor după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.23. Modificarea indicelui de penetrație (IP) al bitumurilor după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.24. Modificarea punctului de înmuiere (IB) al bitumurilor după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.25. Modificarea penetrației la 25°C ( $P_{25}$ ) a bitumurilor după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.26. Modificarea punctului de rupere Fraass al bitumurilor după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.27. Modificarea câmpului de plasticitate al bitumurilor după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.28.. Pata Oliensis corespunzătoare bitumurilor înainte și după îmbătrânirea accelerată (48 cicluri) și naturală (1 an)
- Figura IV.3.29. Spectrul de absorbție în IR al bitumurilor de la rafinăria Vega înainte și după îmbătrânire
- Figura IV.3.30. Spectrul de absorbție în IR al bitumurilor de la rafinăria nr. 1 Ploiești înainte și după îmbătrânire
- Figura IV.3.31. Spectrul de absorbție în IR al bitumurilor de la rafinăria Crișana înainte și după îmbătrânire

- Figura IV.3.32. Spectrul de absorpție în IR al biturilor de la rafinăria Teleajen înainte și după îmbătrânire
- Figura IV.3.33. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria Vega îmbătrânit natural (1 an) determinat prin microscopie electronică
- Figura IV.3.34. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria nr. 1 Ploiești îmbătrânit natural (1 an) determinat prin microscopie electronică
- Figura IV.3.35. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria Crișana îmbătrânit natural (1 an) determinat prin microscopie electronică
- Figura IV.3.36. Aspectul structurii bitumului de la rafinăria Teleajen îmbătrânit natural (1 an) determinat prin microscopie electronică
- Figura IV.3.37. Variația vitezei de forfecare,  $v$ , cu efortul,  $\xi$ , pentru bitumul de la rafinăria Vega îmbătrânit natural
- Figura IV.3.38. Variația vitezei de forfecare,  $v$ , cu efortul,  $\xi$ , pentru bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești, îmbătrânit natural
- Figura IV.3.39. Variația vitezei de forfecare,  $v$ , cu efortul,  $\xi$ , pentru bitumul de la rafinăria Crișana îmbătrânit natural
- Figura IV.3.40. Variația vitezei de forfecare,  $v$ , cu efortul,  $\xi$ , pentru bitumul de la rafinăria Teleajen îmbătrânit natural
- Figura IV.3.41. Variația gradientului vitezei de forfecare,  $D_r$ , cu efortul,  $\xi$ , pentru bitumul de la rafinăria Vega îmbătrânit natural
- Figura IV.3.42. Variația gradientului vitezei de forfecare,  $D_r$ , cu efortul,  $\xi$ , pentru bitumul de la rafinăria nr. 1 Ploiești, îmbătrânit natural
- Figura IV.3.43. Variația gradientului vitezei de forfecare,  $D_r$ , cu efortul,  $\xi$ , pentru bitumul de la rafinăria Crișana îmbătrânit natural

- Figura IV.3.44. Variația gradientului vitezei de forfecare,  $D\dot{\gamma}$ , cu efortul,  $\zeta$ , pentru bitumul de la rafinăria Toleajen îmbătrânit natural
- Figura IV.3.45. Variația modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor extrase din mixtură, cu durata de acționare a sarcinii,  $t$
- Figura IV.3.46. Variația modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor extrase din mixtură cu temperatura,  $T$
- Figura IV.3.47. Variația modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor extrase din carota după 1 an cu durata de acționare a sarcinii,  $t$
- Figura IV.3.48. Variația modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor extrase din carota după 1 an cu temperatura,  $T$
- Figura IV.3.49. Variația rigidității bitumurilor îmbătrânite natural în raport cu cele inițiale în funcție de temperatură
- Figura IV.3.50. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor de la rafinăria Vega, înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.51. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor de la rafinăria nr. 1 Floiești, înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.52. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor de la rafinăria Crișana, înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.53. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor de la rafinăria Toleajen, înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.54. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor extrase din mixtură
- Figura IV.3.55. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_b$ , al bitumurilor extrase din carota după 1 an
- Figura IV.3.56. Susceptibilitatea termică a bitumurilor înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.57. Diagrama de reprezentare a bitumurilor de la rafinăria Vega înainte și după îmbătrânire naturală

- Figura IV.3.58. Diagrama de reprezentare a biturilor de la rafinăria nr.1 Ploiești înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.59. Diagrama de reprezentare a biturilor de la rafinăria Orișana înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.60. Diagrama de reprezentare a biturilor de la rafinăria Teleajen înainte și după îmbătrânire naturală
- Figura IV.3.61. Diagrama de reprezentare a biturilor extrase din mixtura de la fabricație
- Figura IV.3.62. Diagrama de reprezentare a biturilor extrase din carota după 1 lună de exploatare
- Figura IV.3.63. Diagrama de reprezentare a biturilor extrase din carota după 1 an de exploatare
- Figura IV.3.64. Variația gradientului vitezei de forfecare,  $D_r$ , cu efortul,  $\zeta$ , pentru biturile extrase din carotele prelevate de pe autostrada București - Pitești
- Figura IV.3.65. Diagrama de reprezentare a biturilor extrase din carotele prelevate de pe autostrada București - Pitești

**CAPITOLUL V - CARACTERIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE PREPARATE CU BITUM DE LA RAFINĂRIILE VEGA, NR.1 PLOIEȘTI, ORIȘANA ȘI TELEAJEN**

- Figura V.1.1. Cerințe de calitate pentru straturile rutiere bituminoase
- Figura V.2.1. Schema de cercetare
- Figura V.2.2. Obosala la deformație constantă
- Figura V.3.1. Curba granulometrică a agregatului mineral din mixtura asfaltică preparată în laborator
- Figura V.3.2. Rezistența la compresiune la 22<sup>0</sup>O (Rc 22) și la 50<sup>0</sup>O (Rc 50) a mixturilor asfaltice cercetate

- Figura V.3.3. Variația rezistenței la compresiune,  $R_c$  și la tracțiune,  $R_T$ , ale mixturilor asfaltice preparate în laborator, cu temperatura și viteza de încercare
- Figura V.3.4. Variația coeziunii,  $C$ , și a unghiului de frecare interioară,  $\phi$ , ale mixturilor asfaltice cercetate, cu temperatura și viteza de încercare
- Figura V.3.5. Variația rezistenței la întindere din încovoiere și a săgeții critice a mixturilor asfaltice cercetate
- Figura V.3.6. Variația deformației specifice,  $\epsilon_T$ , în funcție de numărul de cicluri,  $N_s$
- Figura V.3.7. Curba granulometrică a agregatului mineral total presoris pentru mixtura experimentată la șantier
- Figura V.3.8. Curba granulometrică a agregatului mineral din mixtura fabricată la șantier cu bitum de la rafinăria Vega
- Figura V.3.9. Curba granulometrică a agregatului mineral din mixtura fabricată la șantier cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești
- Figura V.3.10. Curba granulometrică a agregatului mineral din mixtura fabricată la șantier cu bitum de la rafinăria Crișana
- Figura V.3.11. Curba granulometrică a agregatului mineral din mixtura fabricată la șantier cu bitum de la rafinăria Teleajen
- Figura V.3.12. Stabilitatea Marshall și indicii de curgere ale mixturilor asfaltice cercetate
- Figura V.3.13. Rezistența la compresiune,  $R_c$ , la tracțiune,  $R_T$  și coeziunea,  $C$ , ale mixturilor cercetate
- Figura V.3.14. Unghiul de frecare interioară, al mixturilor prelevate de la fabricație
- Figura V.3.15. Variația modulului de rigiditate,  $E_m$ , în funcție de temperatură pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Vega ( $t = 0,1$  sec)

- Figura V.3.16. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , în funcție de temperatură pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria nr. 1 Ploiești ( $t = 0,1$  sec)
- Figura V.3.17. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , în funcție de temperatură pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Crișana ( $t = 0,1$  sec)
- Figura V.3.18. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , în funcție de temperatură pentru mixtura preparată cu bitum de la rafinăria Teleajen ( $t = 0,1$  sec)
- Figura V.3.19. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu temperatura,  $T$  - rafinăria Vega
- Figura V.3.20. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu temperatura,  $T$  - rafinăria nr.1 Ploiești
- Figura V.3.21. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu temperatura,  $T$  - rafinăria Crișana
- Figura V.3.22. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu temperatura,  $T$  - rafinăria Teleajen
- Figura V.3.23. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu durata de acționare a sarcinii,  $t$  - rafinăria Vega
- Figura V.3.24. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu durata de acționare a sarcinii,  $t$  - rafinăria nr. 1 Ploiești
- Figura V.3.25. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu durata de acționare a sarcinii,  $t$  - rafinăria Crișana
- Figura V.3.26. Variația modulului de rigiditate,  $S_m$ , cu durata de acționare a sarcinii,  $t$  - rafinăria Teleajen
- Figura V.3.27. Curbele reduse ale modulilor de rigiditate,  $S_m$ , ale mixturilor confecționate cu bitum de la rafinăria Vega
- Figura V.3.28. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_m$ , ale mixturilor confecționate cu bitum de la rafinăria nr.1 Ploiești
- Figura V.3.29. Curbele reduse ale modulului de rigiditate,  $S_m$ , al mixturilor confecționate cu bitum de la rafinăria Crișana

- Figura V.3.30. Curbele reduse ale modului de rigiditate,  $S_0$ , al mixturilor preparate cu bitum de la rafinerie Teleajen
- Figura V.3.31. Curbele reduse ale modului de rigiditate,  $S_0$ , al mixturilor de la fabricație calculate pe baza bitumului inițial
- Figura V.3.32. Curbele reduse ale modului de rigiditate,  $S_0$ , al mixturilor de la fabricație calculate pe baza bitumului extras din mixtură
- Figura V.3.33. Curbele reduse ale modului de rigiditate,  $S_0$ , al mixturilor de la fabricație, calculate pe baza bitumului extras din carote după 1 an
- Figura V.3.34. Curba granulometrică a agregatului pînă la dimensiunile carotele prelevate de pe autostrada București - Pitești

Fig. Aspectul suprafeței îmbrăcăminții bituminose pe  
V.3.35.-V.3.39. autostrada București-Pitești, corespuns tor punctelor de prelevare a carotelor:

- Figura V.3.35. Km 37+070
- Figura V.3.36. Km 21+950
- Figura V.3.37. Km 31+000
- Figura V.3.38. Km 21+900
- Figura V.3.39. Km 31+200