

INSTITUTUL POLITEHNIC " TRAIAN VUIA" TIMISOARA

FACULTATEA DE CONSTRUCTII

ING. VASILE MUNTEANU

CONTRIBUTII LA IMBUNATATIREA CALCULULUI SI A  
TEHNOLOGIILOR DE RANFORSARE A COMPLEXELOR  
RUTIERE EXISTENTE

TEZA DE DOCTORAT

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

CONDUCATOR STIINTIFIC

PROF. DR. ING. LAURENTIU NICOARA

|                                 |
|---------------------------------|
| INSTITUTUL POLITEHNIC TIMIȘOARA |
| <i>L. Nicoara</i>               |
| Volumele Nr. _____              |
| <i>303.10.4</i>                 |

- 1 9 8 4 -

## C U B R I N S

=====

|  | PAG. |
|--|------|
| <b>CAPITOLUL I - <u>NECESITATEA RANFORSARII COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE</u></b>                                    |      |
| 1. Generalități  | 1    |
| 2. Corelarea între ranforsarea complexelor rutiere și trafic   | 2    |
| 3. Considerațiuni teoretice privind fenomenul de oboseală la îmbrăcămințile bituminoase și necesitatea ranforsării   | 4    |
| 4. Consecințele întârzierii întreținerii complexelor rutiere   | 6    |
| 4.1. Momentul optim de ranforsare  | 7    |
| <b>CAPITOLUL II- <u>MODUL DE TRATARE A RANFORSARILOR COMPLEXELOR RUTIERE DE CATRE ADMINISTRATIILE DE DRUMURI</u></b> |      |
| 1. Strategia ranforsarii complexelor rutiere existente   | 9    |
| 2. Variabilele de intrare în calcul  | 10   |
| 2.1. Traficul  | 11   |
| 2.2. Efecte climaterice  | 11   |
| 2.3. Evaluarea capacității portante a complexelor rutiere existente  | 14   |
| 3. Stabilirea diagnosticului   | 16   |
| 4. Unele aspecte ale analizei datelor  | 21   |
| 4.1. Date experimentale  |      |
| 4.2. Date mecanistice-modele de șosele   | 22   |
| 4.3. Cazuri de ranforsare a drumurilor secundare. Tehnologii - evaluare-proiectare                                   | 23   |
| 4.3.1. Măsurători ale capacității portante și calculul îmbrăcăminței   | 23   |
| 4.3.2. Realizarea construcției   | 24   |
| 4.3.3. Observații  | 25   |
| 4.3.4. Alte criterii de evaluare și proiectare a ranforsării drumurilor cu trafic redus                              | 27   |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.4. Măsurarea razei de curbură a deformației<br>sub sarcină           | 31        |
| 4.5. Concluzii   | 33        |
| <b>CAPITOLUL III - <u>ASUPRA DIMENSIONARII COMPLEXELOR RUTIERE</u></b> | <b>34</b> |
| 1. Criterii de dimensionare a straturilor de ranforsare                | 34        |
| 1.1. Comentarii  | 35        |
| 2. Concepții și metode de calcul a complexelor rutiere                 | 36        |
| 3. Detalierea unor concepții de calcul în diverse<br>țări              | 39        |
| 3.1. In Franța   | 39        |
| 3.1.1. Luarea în considerare a traficului                              | 39        |
| 3.1.2. Clasa de structură a drumului propus<br>pentru ranforsare       | 40        |
| 3.1.3. Indicile de comportare la încheț a<br>drumului vechi            | 41        |
| 3.1.4. Alegerea iernii de referință                                    | 41        |
| 3.1.5. Dimensionarea ranforsării                                       | 42        |
| 3.1.6. Utilizarea abacelor   | 45        |
| 3.2. In Elveția  | 49        |
| 3.2.1. Dimensionarea suprastructurii                                   | 49        |
| 3.2.2. Portanța terenului și a suprastructurii                         | 49        |
| 3.2.3. Traficul  | 50        |
| 3.2.4. Factor regional   | 50        |
| 3.2.5. Coeficientul de portanță  | 50        |
| 3.2.6. Determinarea ranforsării după ASSHO                             | 51        |
| 3.2.7. Determinarea ranforsării după metoda<br>deformației             | 52        |
| 3.2.8. Exemple de ranforsare a suprastructurii                         | 56        |
| 3.2.9. Metode de a proceda pentru determinarea<br>ranforsării          | 57        |
| 3.2.10 Concluzii   | 58        |
| 3.3. In Olanda   |           |
| 3.3.1. Straturi de bază granulare                                      | 59        |
| 3.3.2. Procedeu de evaluare a îmbrăcăminței<br>bituminoase vechi       | 59        |
| 3.3.3. Caracterizarea sistemului rutier                                | 61        |
| 3.3.4. Măsurătorile de temperatură                                     | 61        |
| 3.3.5. Determinarea proprietăților sistemului<br>rutier                | 61        |
| 3.3.6. Determinarea duratei de exploatare                              | 62        |
| 3.3.7. Proiectarea ranforsării   | 63        |

|  |    |
|--|----|
| 3.4. In Australia  |    |
| 3.4.1. Analiza îmbrăcăminților folosind teoria straturilor elastice  | 64 |
| 3.4.2. Evaluarea stării îmbrăcăminților existente  | 67 |
| 3.4.3. Parametri de proiectare obținuți prin textul cu aparatul Benkelman  | 68 |
| 3.4.4. Proiectarea structurală bazată pe deflexiune  | 70 |
| 3.5. In S.U.A.   | 71 |
| 3.5.1. Considerații generale   | 71 |
| 3.5.2. Proiectarea ranforsării pentru sisteme rutiere cu betonul asfaltic ușor fisurat   | 74 |
| 3.5.3. Proiectarea ranforsării sistemelor rutiere nerigide puternic figurate   | 77 |
| 3.5.4. Exemplu de problemă de proiectare   | 79 |
| 3.6. Unele considerente privind efectele ranforsării   | 83 |
| 3.7. Concluzii   | 84 |
| CAPITOLUL IV - <u>CONSIDERATII PRIVIND RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE IN R.S.R.</u>   | 85 |
| 1. Metode de calcul a ranforsării  | 86 |
| 1.1. Metoda bazată pe criteriul deformației elastice admisibile  | 86 |
| 1.2. Metoda bazată pe criteriul deformației elastice măsurată sub încărcarea standard în regim static                            | 87 |
| 1.2.1. Metoda bazată pe măsurarea deflexiunilor cu deflectograful Benkelman  | 88 |
| 1.2.2. Metoda bazată pe măsurătorile efectuate cu deflectograful Lacroix   | 88 |
| 1.2.3. Proiect de catalog de soluții de ranforsare a complexelor rutiere existente   | 90 |
| 1.3. Metoda de dimensionare bazată pe criteriul deformației elastice măsurate în regim dinamic cu pîrghia Benkelman tip Soiltest | 93 |
| 1.4. Metoda deflexiunii admisibile bazată pe modulul de elasticitate a straturilor rutiere                                       | 94 |

|  |            |
|--|------------|
| 2. Unele propuneri privind metodele de calcul a ranforsării complexelor rutiere nerigide existente   | 94         |
| 2.1. Dimensionarea ranforsărilor sistemelor rutiere nerigide pe baza măsurării deflexiunii îmbrăcăminții folosind metoda institutului de asfalt SUA-AASHTO | 94         |
| 3. Metodologie de dimensionare a ranforsărilor cu beton de ciment a sistemelor rutiere rigide și nerigide  | 97         |
| 3.1. Studii preliminare  | 98         |
| 3.2. Concepția ranforsărilor   | 98         |
| 3.3. Dimensionarea ranforsărilor   | 99         |
| 3.3.1. Modul de calcul   | 102        |
| 3.3.2. Succesiunea operațiilor de calcul   | 104        |
| 3.4. Dimensionarea ranforsării cu dale din beton de ciment a sistemelor rutiere rigide   | 105        |
| 3.5. Eficiența tehnico-economică a soluției  | 107        |
| 3.6. Aspecte tehnico-economice privind recuperarea și refolosirea mixturilor asfaltice existente în cazul ranforsării cu dale din beton de ciment          | 108        |
| 3.7. Concluzii   | 109        |
| <b>CAPITOLUL V - <u>TEHNOLOGII NOI PENTRU RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE IN CONDIȚIILE ECONOMISIRII MATERIALELOR ENERGO - INTENSIVE</u></b>     | <b>110</b> |
| <b><u>SECTOARE EXPERIMENTALE REALIZATE IN MSR</u></b>  | <b>110</b> |
| 1. Considerațiuni privind evoluția modului de realizare a ranforsării  | 111        |
| 2. Utilizarea la ranforsarea complexelor rutiere a straturilor din materiale granulare stabilizate cu zgura granulată de furnal înalt                      | 112        |
| 2.1. Incercări și experimentări realizate  | 113        |
| 3. Sector experimental de ranforsare realizat pe DN 5 București-Giurgiu  | 118        |
| 3.1. Ranforsarea cu îmbrăcămințe din beton de ciment   | 124        |
| 3.2. Urmărirea comportării tronsoanelor de ranforsare cu straturi bituminoase  | 134        |
| 3.3. Alte sectoare experimentale executate pe DN 5 în 1983   | 136        |

|  |            |
|--|------------|
| 4. Soluții clasice de ranforsare a complexelor rutiere   | 151        |
| 5. Alte soluții utilizate pentru ranforsarea complexelor rutiere                                     | 152        |
| 5.1. Betoane asfaltice pe straturi de bază din piatră spartă   | 152        |
| 5.2. Îmbrăcămiți bituminoase ușoare  | 153        |
| 5.3. Straturi de bază din anrobate cu tratamente bituminoase   | 153        |
| 5.4. Betoane asfaltice pe straturi din agregate minerale stabilizate cu zguri și fosfogips           | 153        |
| 5.5. Straturi bituminoase pe strat de bază din amestecuri optimale și zgură                          | 153        |
| 5.6. Straturi din dale de betoane de ciment folosite la ranforsare                                   | 153        |
| 5.7. Ranforsarea complexelor rutiere existente folosind straturi de bază stabilizate cu tuf vulcanic | 157        |
| 5.8. Ranforsarea complexelor rutiere folosind tehnica refolosirii îmbrăcămișilor bituminoase vechi   | 159        |
| <b>VI. <u>CONCLUZII FINALE SI PROPUNERI</u></b>  | <b>161</b> |
| <b>VII. <u>BIBLIOGRAFIE</u></b>  | <b>169</b> |
| Lista abreviațiilor  | 183        |

# CAPITOLUL I - NECESITATEA RANFORSARII COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE

## 1. GENERALITATI

Problema conservării actualei rețele de drumuri și autostrăzi din toate țările lumii în contextul creșterii traficului rutier și în mod deosebit a traficului greu, a pus în fața specialiștilor probleme dificile a căror rezolvare necesită studii laborioase, uneori mult mai aprofundate decât realizarea drumurilor noi.

Această situație s-a pus și se pune în continuare cu mai multă pregnanță cu cât importanța lucrărilor de drumuri precum și a costului destul de ridicat al acestora a condus ca pe parcursul dezvoltării rețelei rutiere din diferite țări ale lumii să apară două tendințe, respectiv două strategii în ce privește dimensionarea sistemelor rutiere noi.

Prima din aceste strategii constă în adoptarea, aprobarea și realizarea de investiții suficiente astfel încât complexele rutiere date în exploatare pe o durată prestabilită de timp să nu necesite pe parcursul acestei exploatare decât lucrări de întreținere normale și intervenții ușoare.

Această metodă este concretizată și face obiectul "Catalogului de structuri" adoptat în multe din țările lumii.

Cea de a doua strategie este bazată pe reducerea inițială a straturilor noi, deci cu investiții inițiale scăzute; este dezvoltată pe ideea unei întrețineri ulterioare foarte importante, cu aplicarea de straturi noi, putând merge eventual pînă la ranforsare. Această metodă este denumită curent "Strategia construcției progresive".

Adoptarea unei sau altei strategii în funcție de condițiile tehnico-economice, a importanței traseului în zonă cât și a nivelului prezumat al traficului rutier, are drept rezultat apariția și menținerea fără echivoc a unei rețele rutiere neomogene din punct de vedere al capacității portante, cât și dificultăți și cerințe permanente pentru readucerea acestei rețele rutiere necorespunzătoare din punct de vedere al capacității portante, la nivelul solicitat de traficul în continuă creștere.

În cele mai multe situații și mai ales cînd nu s-a ținut seamă de creșterea traficului în raport cu adoptarea strategiei construcției progresive au apărut cazuri dificile de cedare quasi-totală a rețelei rutiere cu implicații deosebite asupra economiei naționale.

Este de reținut exemplul rețelei rutiere franceze din anii 1963-1964 când a fost necesară, ca urmare a acestor situații, adoptarea de urgență a unei politici foarte severe de ranforsare coordonată a rețelei rutiere naționale [2] anexa I.1.

Accepțiunea globală tehnico-economică pentru a concluziona adoptarea uneia sau alteia din strategii atât pentru sistemele rutiere noi cât și pentru tehnica ranforsărilor este dificil de adoptat.

Pornind de la aceste strategii este de dorit ca studiile de caz real să fie acelea care să concluzioneze apriori avantajele sau dezavantajele uneia sau alteia dintre strategii.

## 2. CORELAREA ÎNTRE RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE ȘI TRAFIC

Cercetările întreprinse, în Italia de exemplu, privind degradarea drumurilor ocazionate de circulația autovehiculelor grele au dus la concluzia că marea gamă a acestor mijloace de transport atât prezentă cât și viitoare este departe de valoarea optimă pentru drumuri din punct de vedere tehnico-economic. [171]

Statisticile ultimilor patru ani după Congresul din Mexic demonstrează că astăzi ca și altă dată, un procentaj important de autovehicule cu sarcini mari pe osie, respectiv pentru mărfuri, circulă în întreaga lume pe drum, în timp ce numai 25-30% din mărfuri sînt transportate pe calea ferată. [166,167] Mai mult, nu există nici un indiciu de reviriment a acestei tendințe. Din anexa I.2 se poate observa creșterea deosebită a traficului greu în cîteva țări din lume în perioada 1975-1982.

Este deci necesară asigurarea drumurilor noi și existente pentru a face față unor sarcini grele din circulație.

Limita sarcinii pe osie simplă a fost fixată în Italia la 120 kN iar cea a osiei duble de 190 kN. În prezent și în alte țări sînt în studiu metode pentru majorarea sarcinii pe osie. Mai mult, legea nouă privind sarcinile autovehiculelor acordă limite largi ansamblului de remorci cu 4 osii de pînă la 400 kN, a celor cu 5 osii de 550 kN. Din nefericire această lege nu ia în considerare efectele negative a acestor sarcini asupra duratei de exploatare a drumului și care pot rezulta din factorii compuși din sarcina totală pe osie, tipul osiei, spațiul între osii, zona de impact, viteza autovehiculului și altele.

De exemplu, osia cu roți duble comportă mari avantaje comparate cu osia simplă și durata de exploatare a drumului se diminuează rapid cu creșterea sarcinii pe osie.

Un studiu întreprins de Federația Italiană de drumuri



cu privire la deteriorarea drumurilor sub acțiunea traficului a demonstrat printre numeroasele probleme și aceea a evaluării comportării variabile la oboseală ( număr de treceri ) și influențele diverse asupra fenomenului de deformare vîscoplastică permanentă a diferitelor drumuri în funcție pe diferite tipuri de vehicule [171] .

Acest studiu indică efectele foarte diferite asupra drumurilor a vehiculelor care variază între ele, dar care corespund exigențelor noii legi fig.I.1 și I.2

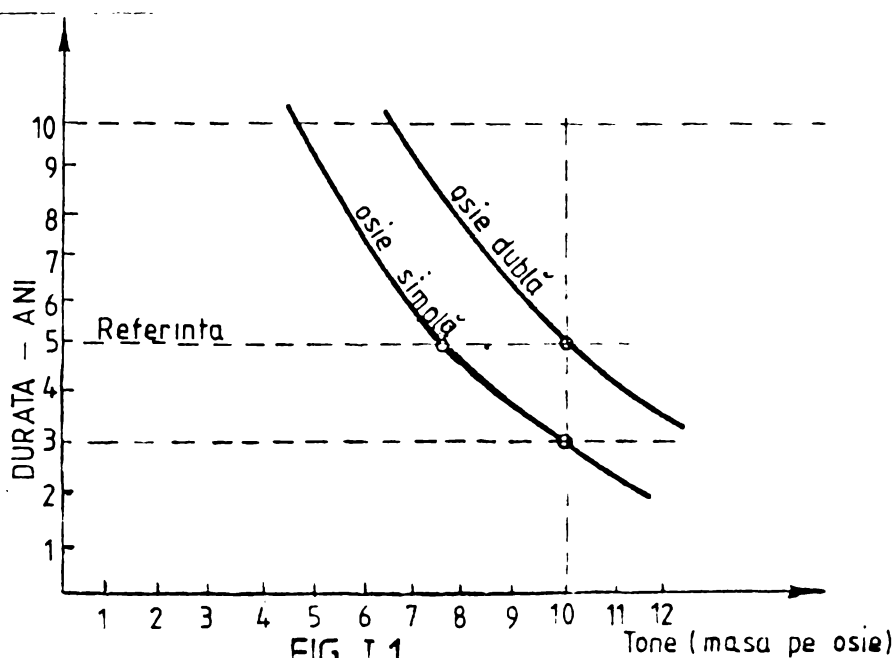


FIG. I.1.  
DURATA DE EXPLOATARE A UNUI DRUM  
IN FUNCTIE DE TIPUL OSIEI

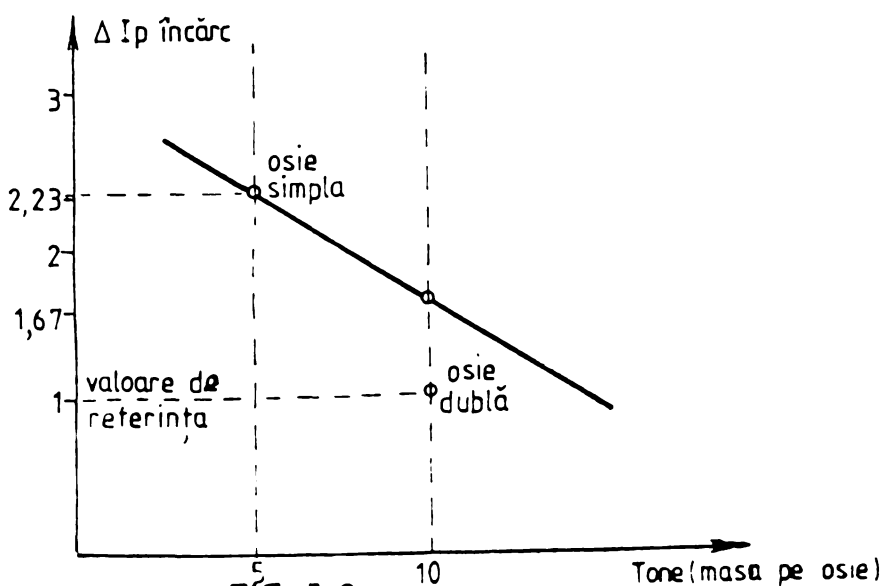


FIG I 2  
DEFLEXIUNEA PERMANENTA PROVOCATA DE  
DIVERSE TIPURI DE OSII (Imbrăcăminte nerigidă)

### 3. CONSIDERATII TEORETICE PRIVIND FENOMENUL DE OBOSEALA LA IMBRACAMINTILE BITUMINOASE SI NECESITATEA RANFORSAKII

După cum este cunoscut, îmbrăcămințile bituminoase ale drumurilor sînt supuse solicitărilor continue datorită traficului și agenților climaterici, raportul în care aceștia intervin în apariția degradărilor neputînd fi încă suficient departajat.

Evident că pe parcursul exploatării ca urmare influenței negative a factorilor amintiți, sistemele rutiere sînt supuse permanent fenomenului de oboseală avînd ca principală consecință creșterea volumului degradărilor.

Încercările de laborator au permis să se aprecieze acest volum de degradări din oboseală și în acest fel să se înțeleagă mai bine principalele proprietăți de rupere ale sistemelor rutiere supuse la încercări mai ales cele la care prin construcție s-a adoptat teoria construcțiilor progresive.

Calculul teoretic ce urmează, s-a făcut în ambele strategii menționate mai sus, pentru a se putea apoi face comparațiile de rigoare [146] .

Considerîndu-se ecuațiile curbelor de oboseală:

$$\bar{\sigma} = f(N)$$

în care :

$$N = A \bar{\sigma}^{-p} \text{ pentru mixturi asfaltice; } \quad [I.1]$$

$$\text{și ecuația } \bar{\sigma} = \bar{\sigma}_0 - b \cdot \log N \text{ pentru straturile } \quad [I.2]$$

cu ciment;

în care :

$$N = B \cdot \bar{\sigma}^{-q} \quad [I.3]$$

în care :

$N$  = este numărul de cicluri pînă la ruperea pe curba de oboseală;

$\bar{\sigma}$  = efortul unitar ;

$\bar{\sigma}_0$  = deformația aplicată epruvetei ;

$q = 10$

Studiul sistemului rutier în etapă progresivă de construcție conduce la a considera fiecărei etape durată ei de exploatare cît și degradările respective [43] o etapă separă două operații de întreținere , astfel în prima etapă deformația la baza structurii este 1 iar numărul de cicluri pînă la rupere este :

$$N_1 = A \cdot \bar{\sigma}_1^{-5} \quad [I.4]$$

numărul de cicluri exercitate de trafic este  $n_1$   $N_1$  iar degradările corespunzătoare acestei etape sînt definite prin relația:

$$D_1 = \frac{n_1}{N_1} < 1 \quad [I.5]$$

Legea lui Miner indică că degradările din oboseală pot fi adunate aritmetic, respectiv:

$$D = \sum D_1 = \sum \frac{n_1}{N_1} = \frac{1}{A} \sum n_1 \varepsilon_1 \cdot p \quad \text{pentru mixturi asfaltice} \quad [I.6]$$

Cînd această sumă atinge valoarea unitară se produce ruperea materialului.

Deformațiile rezultate  $\varepsilon_1$  sînt prin urmare în funcție de grosimea  $H_1$  asociată etapei nr.1. Calculele pot fi ajustate pe model [44], ajungîndu-se la relația de tip:

$$\varepsilon_1 = C e^{-aH_1} \quad [I.7] \text{ din care rezultă descreșterea deformației în funcție de grosime [147].}$$

Degradarea  $D_1$  va fi:

$$D_1 = \frac{n_1}{A} C e^{-pa H_1} \quad [I.8]$$

Structura de referință cu care se face comparația în strategia de dimensionare este aceea a catalogului de structuri la care degradările sînt suma degradărilor parțiale ale diferitelor etape ale duratei de exploatare a sistemului rutier respectiv. Astfel numărul de cicluri  $n_1$  ale etapei 1 este dat de  $n_1 = nt$ , iar expresia degradărilor asociate acestei etape este:

$$D_1 = \frac{nt}{A} C e^{-apH_1} \quad \text{iar} \quad [I.9]$$

$$D_{i-1} = \frac{nt}{A} C e^{-ap(H_1-\Delta)} \quad [I.10]$$

fie

$$D_1 = \lambda D_{i-1} \quad \text{cu } \lambda = e^{-ap} \quad [I.11]$$

în care:

$t$  - reprezintă diferitele etape de lungime de timp constant;

$\Delta$  - reprezintă straturile de întreținere care sînt de aceeași grosime;

$n$  - este traficul anual (constant);

de unde rezultă că degradarea ce se va înregistra la structură pe o perioadă infinită va fi:

./.

$$D = D_1 (1 + \lambda + \lambda^2 + \lambda^3 + \dots) \quad [I.12]$$

în cazul unei întrețineri preventive bine realizate seria trebuie să convergă spre o valoare :

$$D < 1 \quad \text{deci} = \quad D = \frac{D_1}{1-\lambda} \quad [I.13]$$

această relație exprimă faptul că nu poate avea loc niciodată ruperea sistemului care să conducă la o ranforsare.

Această limită calculată a degradărilor de structură de referință denumită pe scurt D.REF poate fi reprezentată grafic în raport și cu degradările de structură calculată la diverse etape "D" fig.I.3

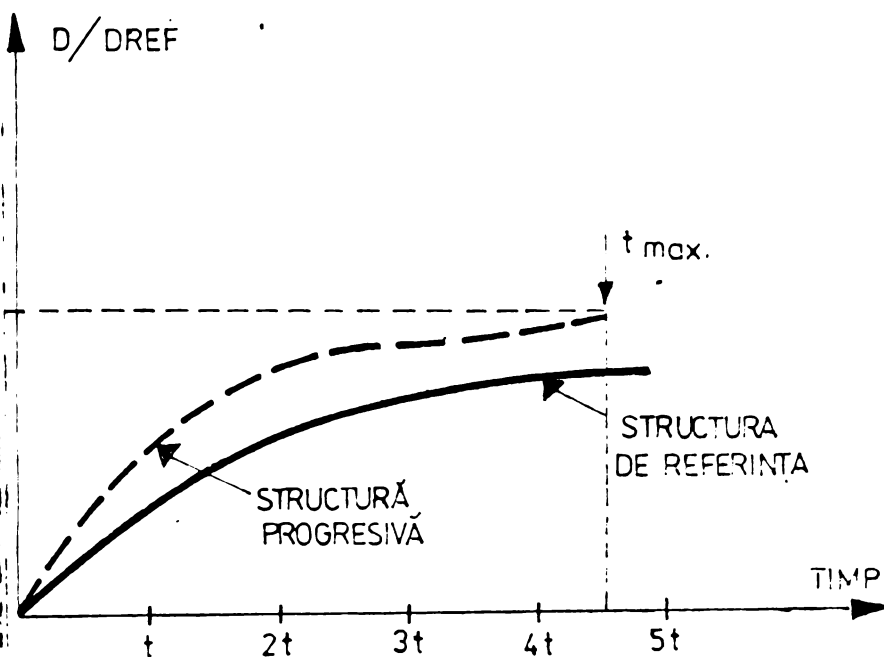


Fig. I.3

INTERPRETAREA GRAFICA A EVOLUTIEI  
DEGRADARILOR IN STRUCTURA UNOR MIXTURI ASFALTICE  
ÎN CELE DOUA STRATEGII ( DE REFERINȚĂ ȘI PROGRESIVA)

#### 4. CONSECINTELE ÎNTÂRZIERII RANFORȘĂRII COMPLEXELOR RUTIERE

Așa cum s-a menționat, strategia de consolidare progresivă presupune adoptarea de straturi rutiere de aport la începutul perioadei t.

În cazul în care întârzierea este prea mare se impune schimbarea radicală a strategiei. Va trebui să se aplice ranforșarea drumului la perioada maximă de timp și nu o simplă întreținere așa cum rezultă din fig.I.3 t.max. pentru intervenție este de 4,5t funcție de structura aleasă ( t=perioada de timp ).

Calculându-se grosimea  $\Delta a$  anrobotului ce se va pune în operă la începutul fiecărei perioade  $t$  s-a stabilit de ex. 4 cm perioada  $t$  fiind de 7 ani potrivit graficului din fig. I.4 rezultă că întârzierea aplicării stratului rutier respectiv conduce la angajarea unor cheltuieli mari pentru viitorii ani. Astfel cum se prezintă și în diagrama din fig. I.4 o întârziere de numai 2 ani conduce la sporirea grosimii stratului cu cel puțin 50% la toate intervențiile ulterioare [172].

Din analiză am văzut că o valoare subunitară mică a raportului  $D/DREF$  arată că sistemul rutier se prestează la amenajarea progresivă și invers când valoarea raportului tinde spre 1 sistemul ce se va adopta va fi cel al ranforsării. Se desprinde de asemenea concluzia că sistemele rutiere din materiale granulare stabilizate cu ciment sînt foarte sensibile la subdimensionare și nu se pretează că la construcții progresive.

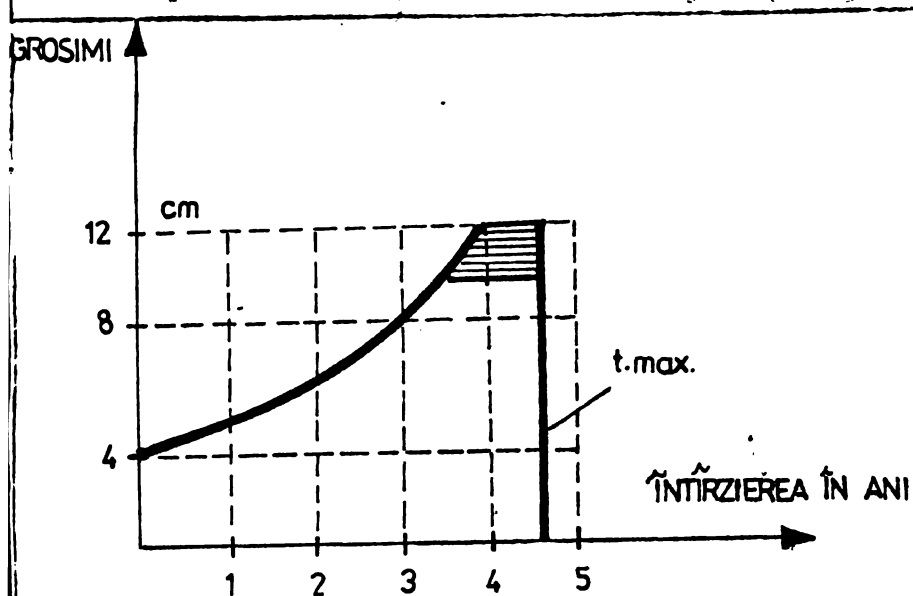


Fig. I.4

INFLUENȚA ÎNȚÂRZIERII RANFORSĂRII  
COMPLEXELOR RUTIERE ASUPRA GROSIMII  
STRATURILOR BITUMINOASE

Structurile de materiale granulare netratate sau de beton **asfaltic** pe material granular netratat sînt cele mai adecvate pentru construcții progresive.

#### 4.1. MOMENTUL OPTIM DE RANFORSARE

O politică rutieră rațională presupune cunoașterea stării rețelei, nu numai pentru o bună repartizare a fondurilor pe diversele cate-

gorii de drumuri și lucrări, dar și pentru a împiedica apariția unor degradări de amplare ceea ce ar stînjea contactul și implicit siguranța circulației.

Cunoașterea stării rețelei rutiere ar permite depistarea stadiului în care drumul se află într-o stare limită și când aplicarea ranforsării ar avea maximă eficiență tehnică și economică.

Momentul optim pentru ranforsarea unui sistem rutier poate fi socotit atât timp cît pentru un trafic dat, deformarea efectivă este sub limita admisibilă.

Vizual, aceasta se traduce prin inexistența de fisuri în timp ce apariția acestora este de regulă însoțită de depășirea valorii deflexiunii elastice admisibile. În aceste cazuri, dificilele organele de drumuri trebuie să disonă de aparatul de măsurare și să

deflexiuni măsurate în campania 1971 și 1976 s-au determinat oțeva elemente importante privind unele trasee și s-au conturat măsurile ce trebuie luate, ele fiind menționate în tabelul I.1.

TABELUL I.1

EVOLUTIA DEGRADARII IN TIMP

și creșterea grosimii straturilor de ranforsare pe unele drumuri naționale în perioada 1971-1981

| Nr. crt.                            | Sector de dimensionare | Deflexiunea caracteristică |        | Dimensionarea în cm. |           | (cm) spor de grosime | Observații alte lucrări executate |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------------|--------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------------------|
|                                     |                        | 1971                       | 1976   | 1976                 | 1981      |                      |                                   |
| <u>1. DN 28 A km 5+400-6+600</u>    |                        |                            |        |                      |           |                      |                                   |
| 1.                                  | 5+400-5+660            | 100,80                     | 116,16 | 2,0                  | 8         | 6                    | rep. anuale                       |
| 2.                                  | 5+660-5+880            | 93,63                      | 117,62 | -                    | 8         | 8                    | " "                               |
| 3.                                  | 5+880-6+100            | 163,01                     | 179,33 | 10                   | 16        | 6                    | " "                               |
| 4.                                  | 6+100-6+300            | 98,26                      | 116,29 | -                    | 8         | 8                    | " "                               |
| 5.                                  | 6+340-6+600            | 137,00                     | 177,03 | 7                    | 15        | 8                    | " "                               |
| NT = volumul de trafic              |                        |                            |        | 0,93 x 10            | 1,78 x 10 |                      |                                   |
| DL = deformația elastică admisibilă |                        |                            |        | 95                   | 80        |                      |                                   |
| grosimea medie                      |                        |                            |        |                      |           | 7,5 cm               |                                   |
| grosime medie anuală                |                        |                            |        |                      |           | 1,5 cm               |                                   |

|                                     |               |        |        |           |           |        |                                |
|-------------------------------------|---------------|--------|--------|-----------|-----------|--------|--------------------------------|
| <u>2. DN 15 D km 9+900-11+500</u>   |               |        |        |           |           |        |                                |
| 1.                                  | 9+900-10+160  | 84,55  | 145,45 | -         | 15        | 15     | tratamente 1972 și rep. anuale |
| 2.                                  | 10+160-10+360 | 143,93 | 221,21 | 9         | 25        | 16     | idem                           |
| 3.                                  | 10+360-10+480 | 213,98 | 232,40 | 20        | 25        | 5      | idem                           |
| 4.                                  | 10+480-10+700 | 52,48  | 160,34 | -         | 18        | 18     | idem                           |
| 5.                                  | 10+700-10+960 | 94,49  | 167,37 | 2,5       | 20        | 17,5   | idem                           |
| 6.                                  | 10+960-11+160 | 104,69 | 202,87 | 5         | 21        | 16     | idem                           |
| 7.                                  | 10+160-11+400 | 248,44 | 297,32 | 24        | 32        | 8      | idem                           |
| NT = volumul de trafic              |               |        |        | 1,51 x 10 | 1,76 x 10 |        |                                |
| DL = deformația elastică admisibilă |               |        |        | 85        | 70        |        |                                |
| grosime medie                       |               |        |        |           |           | 12,5   |                                |
| grosime medie anuală                |               |        |        |           |           | 2,5 cm |                                |

Consecințe economice pentru ranforsare 1976-1981

-Cost pe km de ranforsare (cu prețuri la nivelul 1977)

|         |     |                                    |
|---------|-----|------------------------------------|
| DN 15 D | 203 | 708 (spor mediu anual=101 mii lei) |
| DN 28 A | 125 | 255 idem 26 mii lei                |

./.

Sporul anual de grosime este în medie de 1,5 cm și respectiv 2,5 cm determinat de necompensarea deficitului de portanță.

Din studiul comparativ al costului ranforsării la cele două etape, a rezultat că pierderea capacității portante generează un spor suplimentar de cheltuieli de cca 26 mii lei/km și respectiv 100 mii lei/km pentru drumurile cu stare de viabilitate rea (39).

Sporul anual de cheltuieli datorat neintervenției în timp util și avînd în vedere viabilitatea consemnată în studiul național din 1978 privind " Starea drumurilor" presupunînd ipotetic că anul 1984 ar permite intervenție pe toate sectoarele restante, cheltuielilor suplimentare datorită perpetuării neintervenției, ar fi :

|                                    |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| - sectoarele cu viabilitate rea =  |                          |
| 3423 km x 100 mii lei/ankm x 3 ani | = 1.026.900 mii lei      |
| - sectoare cu viabilitate medio-   |                          |
| cră                                | =                        |
| 3862 km x 26 mii lei/km x 3 ani    | = <u>301.236 mii lei</u> |

TOTAL: 1.328.136 mii lei

Aceasta justifică pe deplin necesitatea ranforsării sistemelor rutiere la momentul optim, cu atît mai mult cu cît traficul rutier este în permanentă creștere și în mod special traficul greu.

Din anexele I.3 - I.6 rezultă creșteri ale ponderii traficului greu din totalul traficului de pînă la 84% la drumuri naționale și 85% la drumuri județene în 1990.

Creșterea numărului vehiculelor grele ( vehicule etalon A 13 ) la nivelul anului 1990 este de aproape 3 ori mai mare față de anul 1975.

## CAPITOLUL II - MODUL DE TRATARE A RANFORSĂRIILOR COMPLEXELOR RUTIERE DE CĂTRE ADMINISTRĂȚII DE DRUMURI

Diferitele etape de evaluare și metodele de dimensionare a ranforsărilor au urmat în lume pe departe puncte de vedere comune cum ar fi cele de condiții ale mediului, măsurarea deflexiunilor și altele, sau puncte de vedere total diferite cum sînt cele referitoare la interpretarea traficului, evaluarea capacității portante a sistemelor rutiere existente etc.

### 1. STRATEGIA RANFORSĂRII COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE

Pe plan mondial există în prezent tendințe diverse în ce privește strategia ranforsării drumurilor cu îmbrăcăminți bituminoase [171].

La Congresul Mondial al Drumurilor de la Viena a reeșit de exemplu necesitatea diferențierii ranforsării drumurilor de mare circulație de cea a ranforsării drumurilor cu circulație slabă.

În acest ultim caz se menționează că este avantajos să se ranforseze secțiuni scurte de drum care necesită o intervenție imediată și să se amâne ranforsarea întregului itinerar ( raportul australian). [171]

Raportul francez menționează necesitatea efectuării de studii pentru a preciza principiile de bază ale strategiei de evaluare globală a unor rețele, cunoscând și tratând apoi tronsoanele de drum fie prin ranforsare fie prin tehnica întreținerii curente stabilindu-se astfel listele de priorități și evaluarea financiară a lucrărilor. [171]

Raportul de cercetare OCEDE asupra ranforsării drumurilor sintetizează experiența în această problemă a 16 țări. [164]

El face distincție între strategia aplicabilă la ansamblul rețelei de cea aplicabilă la un caz particular, analiza obiectivelor și a factorilor relativi la fiecare din tipurile de strategii ca și metodele de evaluare economică a diverselor strategii de ranforsare.

Importante contribuții au fost prezentate la a 3-a Conferință Rutieră IRF ( Abidjan 1977 ) și la al VIII-lea Congres IRF de la Tokyo [171] 1977 care atrage atenția asupra acestor probleme ce se desprind din rapoartele naționale și anume:

- diferența în materie de concepție a drumurilor cu slabă și mare circulație, ținând seama de restricțiile economice și financiare ;

- adaptarea ( și nu adoptarea simplă ) a soluțiilor dezvoltate în Europa în țările africane ;

- avantajele de ordin tehnic și economic ale strategiei de amenajare progresivă, aplicabilă de asemenea în țările industrializate.

## 2. VARIABLELE DE INTRARE ÎN METODELE DE CALCUL

Variabilele de intrare în calcul pot fi divizate în :

- trafic și creșterea sa în timpul duratei de exploatare ;

- efectele climaterice ;

- evaluarea stării drumurilor existente care cuprinde inspecția vizuală, gradul de fisurare sau de fâgășe, rezultatele deflexiunilor și a rezistenței la derapaj.



## 2.1. TRAFICUL

În multe țări din Europa, America cât și în Australia se consideră sarcină standard pe osie aceea rezultată din încercările AASHO (82 kN). [166]

Metoda Shell consideră această sarcină standard de 80 kN în timp ce metoda franceză utilizează sarcina standard egală cu sarcina maximă autorizată pe osie (130 kN) [166]

Ca o remarcă generală se poate spune că transformarea traficului real în sarcini standard și că previziunea de trafic pentru durata de exploatare a unei raforsări (reîncărcare) au fost tratate de o aceeași manieră, destul de liberă.

În fapt, o variație cu factor de multiplicare 2 în numărul de aplicații a sarcinilor (ceea ce nu pare exagerat) poate, sub anumite condiții, necesita cca 50 mm de grosime suplimentară. Pe de altă parte, este adevărat că în cele mai multe cazuri, o previziune exactă a traficului este dificil de făcut.

## 2.2. EFECTE CLIMATERICE

Condițiile de temperatură sînt importante pentru drumurile cu îmbrăcăminte bituminoasă ca și conținutul de apă care pot avea un efect hotărîtor asupra proprietății solurilor și a straturilor nelegate.

Metoda Schell [32] și metoda franceză iau în considerare aceste situații. [123]

Astfel, de exemplu temperaturile sînt luate în considerare în Texax, Pennsylvania, Olanda etc.

În Pennsylvania temperatura standard utilizată este de 17 °C, toate măsurătorile de deflexiuni transformîndu-se, dacă au fost executate la alte temperaturi, la mărimile aferente temperaturii de 17 °C.

În Anglia și Australia nu se cunosc date și informații asupra influenței temperaturii.

Efectele temperaturii pot fi foarte importante pentru dimensionarea corectă a unei raforsări și de asemenea pentru evitarea deformațiilor excesive ale amestecurilor bituminoase la cele mai înalte temperaturi.

Pe de altă parte, problemele legate de temperaturile scăzute nu pot fi neglijate.

Cu toate că fisurarea termică (la joasă temperatură) fie ea limitată numai la cîteva părți din lume, înghețul în sol și în materialele granulare este o problemă mult prea răspîndită care a fost neglijată în multe din țările lumii.

Problemele înghețului sînt natural, direct legate de conținutul de apă.

Trebuie să se admită că este quasiimposibil de a cuantifica problema conținutului de apă în limite ușor utilizabile în practică.

Metoda cea mai veridică este de a determina proprietățile " în situ" a solurilor și a structurilor granulare într-o perioadă în care situația este foarte critică, ceea ce corespunde în general începutului primăverii.

În calculele de dimensionare , așa cum vom constata în continuare, trebuie luate în considerare și fenomenul de îngheț-dezghet, mai ales dacă drumul proiectat îndeplinește condițiile de gelivitate și anume:

- are un strat inferior susceptibil la îngheț;
- are o sursă de apă ce alimentează solul de fundație;
- îngheț suficient pentru a afecta pămîntul de sub fundație și destul de îndelungat pentru ca transferul de apă să aibă loc.

Problema îngheț-dezghetului fiind complet definită din punct de vedere matematic rămîne să studiem în amănunt temperatura prin sistemul rutier și concomitent temperatura la suprafața îmbrăcămintei în perioada de îngheț.

După cum este cunoscut într-o masă omogenă susceptibilă la îngheț, adîncimea de îngheț este direct proporțională cu rădăcina pătrată a indicelui de îngheț la suprafață. Dacă indicele de îngheț se exprimă în grade C x zile și adîncimea de îngheț în cm, obținem relația :  $h = A \cdot \sqrt{I}$  [II.1]

În care coeficientul de proporționalitate A poate varia de la 3-10, funcție de caracteristicile termice ale masei și de procentul de umiditate al acesteia.

În mediile stratificate se poate spune totuși că adîncimea de îngheț va varia aproximativ liniar funcție de rădăcina pătrată a indicelui de îngheț al suprafeței.

Pentru sistemul rutier luat ca întreg, adîncimea de îngheț este prin urmare legată de rădăcina pătrată a indicelui de îngheț printr-o curbă constituită din elemente ( segmente) drepte.

Totodată s-a făcut constatarea că întrucît absorbția apei și înghețul ei ulterior încetinește înaintarea liniei de îngheț, adîncimea de îngheț într-un sol susceptibil la îngheț va fi mai mică decît aceea a unui sol nesusceptibil la îngheț a cărei proprietăți termice și procentul de umiditate inițial sînt identice.

Nu trebuie să deducem din aceasta că, în timp ce adâncimea de îngheț, nu este prea mare în primul caz, consecințele sale asupra integrității suprafeței drumului va fi mai puțin severă.

Îmbrăcămințile rutiere care au în componența lor straturi netratate înregistrează deformații mari ca urmare a dezghețului.

Comportarea lor depinde în principal de susceptibilitatea la îngheț a terenului de fundație.

Pentru îmbrăcăminți cu straturi tratate, variația acestor indici ( deflexiunea și eforturile) sînt destul de modeste în valori absolute ; din punct de vedere mecanic, ele pot compensa unele pierderi de portanță ale terenului de fundație, cu condiția desigur, ca ele să fie suficient de groase.

Pe baza celor analizate și experienței acumulate au putut fi elaborate procedeele pentru dimensionare a ranforsării cu luare în considerare a îngheț-dezghețului.

Procedeele cuprind faze succesive și anume:

a) faza I-a. Proiectarea sistemului rutier potrivit prevederilor catalogului fără considerarea înghețului;

b) faza II .Luarea în considerare a caracteristicilor tehnice ale iernii de referință ;

c) faza III. Verificarea dacă înghețul atinge nivelul straturilor susceptibile la îngheț. În cazul că înghețul nu pătrunde la stratul susceptibil se menține soluția adoptată la faza I-a ;

d) faza IV .Reprezintă o verificare termică determinîndu-se indicele de îngheț-dezgheț la nivelul terenului susceptibil la îngheț și dacă acesta este mai mic decît indicele de siguranță la îngheț;

e) faza V . Verificarea rezistenței mecanice a îmbrăcămintei, în cazul în care nu este îndeplinită condiția de la faza IV și dacă aceasta este capabilă să preia o pierdere majoră de capacitate portantă atunci cînd se va produce dezghețul.

Dacă calculul răspunde pozitiv, dimensionarea inițială rămîne valabilă, dacă nu se trece la faza VI ;

f) faza VI. Întrucît sistemul rutier nu răspunde nici din punct de vedere termic și nici mecanic, se va trece la revederea procesului de dimensionare înapoi la faza III-a după ce se vor face ajustări în datele de intrare ale problemei care ar putea fi:

- majorarea grosimii straturilor nesusceptibile la îngheț;
- îmbunătățirea calităților mecanice ale îmbrăcămintelor;
- reducerea susceptibilității la îngheț a pămîntului (prin tratare de ex. cu var, ciment, etc ).

## 2.3. EVALUAREA CAPACITĂȚII PORTANTE A COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE

Majoritatea țărilor folosesc în scopul determinării stării de fapt a complexelor rutiere, principiul măsurării deflexiunilor care constituie mijlocul de determinare a proprietăților structurale ale drumului. [9,30,37.40,171]

Pentru măsurarea deflexiunilor se folosesc o multitudine de aparate nedestructive din care pot fi citate:

În cazul punții Benkelman deflexiunile corespund realității dar durata timpului de încărcare este mult mai lungă decât cea corespunzătoare traficului/și deci pericolul de flua<sup>je</sup> este mare în special la temperaturi înalte.

Aceasta a constituit o critică care s-a făcut comunicărilor Australiei și României, datorită faptului că deflexiunile sînt măsurate într-un caz cam semi-static prin puntea Benkelman și că ele sînt utilizate într-un model total elastic.

Este din ce în ce admis că singura măsură de deflexiune nu dă suficiente informații.

Două drumuri diferite pot arăta o aceeași deflexiune maximală în timpul unei încercări standardizate și se comportă de o manieră total diferită cînd deformațiile sînt diferite.

Este absolut necesar de a se lua în plus în considerare forma deformației deflexiunii maxime precum și alte elemente.

Din analiza sintetizată a rapoartelor naționale prezentate la același Congres Mondial de la Viena, au rezultat că principalele metode de investigare sînt cele prezentate în tabelul II.1 de mai jos:

Tabelul II.1

| Nr. crt. | Denumirea investigației   | Australia | Belgia | Franța | Italia | India | Norvegia | Portugalia | R.D.G. | R.S.R.         | Elveția        | Iugoslavia |
|----------|---|-----------|--------|--------|--------|-------|----------|------------|--------|----------------|----------------|------------|
| 1.       | examen vizual   | x         | x      | x      | x      | -     | -        | x          | -      | x              | x              | x          |
| 2.       | examen vizual combinat cu măsurarea regularității suprafeței (profil) | x         | -      | -      | -      | -     | -        | -          | -      | -              | -              | -          |
| 3.       | măsurarea deflexiunilor cu pîrghia Benkelman                          | x         | -      | -      | -      | x     | x        | -          | -      | x <sup>x</sup> | x <sup>x</sup> | x          |

./.

| Nr. crt. | Denumirea investigației  | Australia | Belgia         | Franța | Italia | India | Norvegia | Portugalia | R.D.G. | R.S.R.         | Elveția        | Iugoslavia |
|----------|--|-----------|----------------|--------|--------|-------|----------|------------|--------|----------------|----------------|------------|
| 4.       | Analiza materialelor prelevate din sistemul rutier                               | x         | x              | -      | -      | -     | -        | x          | -      | x              | -              | -          |
| 5.       | Măsurarea deflexiunilor cu deflectograful Lacroix                                | -         | x              | x      | x      | -     | -        | x          | -      | x <sup>x</sup> | x <sup>x</sup> | -          |
| 6.       | Incărcarea cu placă  | -         | x <sup>o</sup> | -      | -      | -     | -        | -          | -      | -              | -              | -          |
| 7.       | Structura istorică a sectorului (evoluția)                                       | -         | x              | -      | x      | -     | -        | -          | -      | -              | -              | -          |
| 8.       | Conținut de apă în sol și compactitatea  | -         | x <sup>o</sup> | -      | -      | -     | -        | x          | -      | -              | -              | -          |
| 9.       | Structura sistemului rutier (sondaje) acompaniată de ancheta asupra întreținerii | -         | x              | x      | -      | -     | -        | -          | -      | x              | x              | x          |
| 10.      | Efectele climaterice, condiții hidrogeologice, trafic                            | -         | -              | x      | -      | -     | -        | -          | x      | -              | x              | x          |
| 11.      | Portanța solului   | -         | -              | -      | -      | -     | -        | -          | -      | -              | x              | x          |

x<sup>o</sup> - se execută în cazuri particulare

x<sup>x</sup> - se adopta una sau alta din metode

Raportul OCDE asupra ranforsării complexelor rutiere prezintă o analiză critică a metodelor de investigare a drumurilor în cadrul ranforsării lor. [164]

Accentul este pus pe întrebuinșarea aparatelor de măsură de mare randament, ce permit o investigare continuă.

Din cele prezentate se desprinde ca o mândără generală că deflexiunea sistemului rutier considerat este parametrul cel mai important pentru caracterizarea portanței și omogenității unui drum economic.

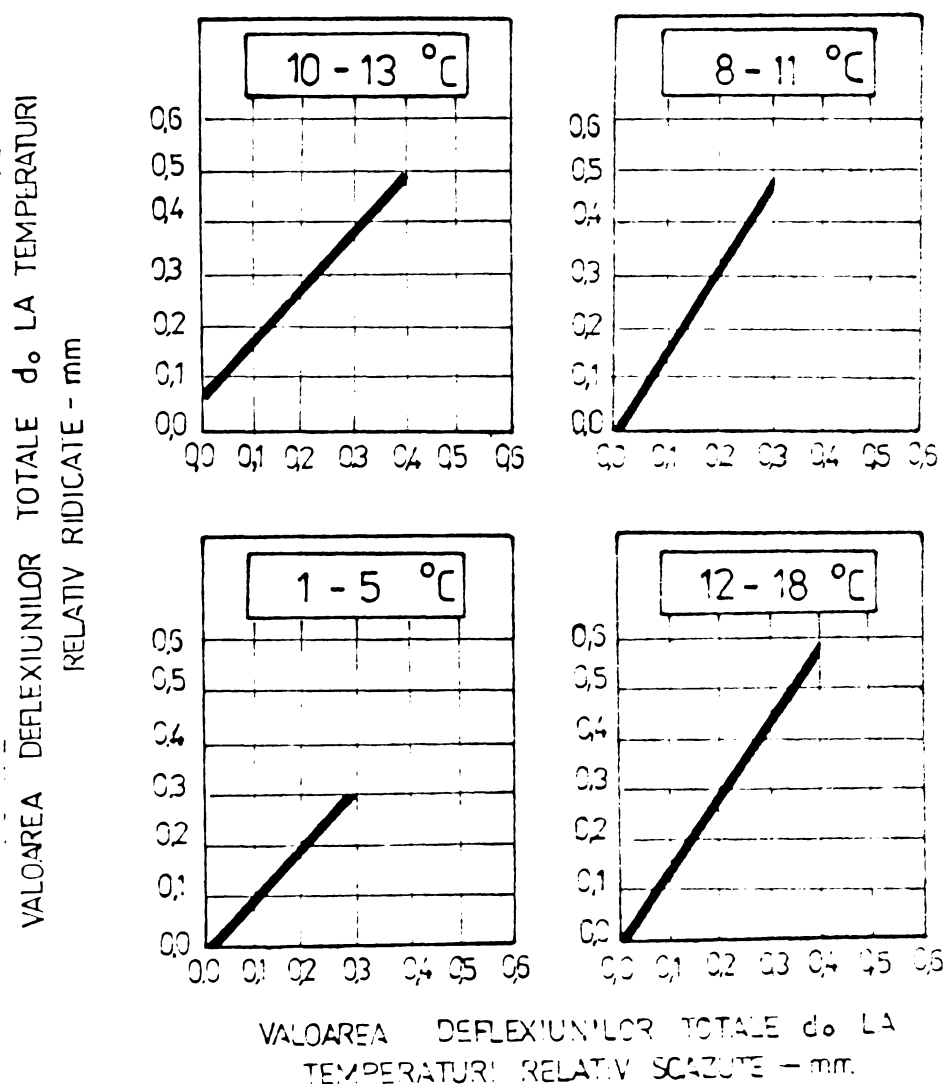
Deflexiunea este măsurată fie continuă cu ajutorul aparatelor de mare randament ( deflectograful Lacroix sau curviametrul CEBTP cu greutatea osiei din spate de 130 kN) fie cu ajutorul pîrgiei Benkelman. În acest ultim caz procedeul variază de la o țară la alta ( greutatea pe osie din spate, deflexiuni elastice sau totale, spațiul punctelor de măsurare, corecții în funcție de temperatură și/sau greutate pe osie). [171]

În cazul drumurilor economice cu slabă circulație se definește deflexiunea caracteristică ca aceea corespunzînd la 90 procente ( media aritmetică a valorilor individuale la care se adaugă 1,3 ori ecartul tip ).

În ce privește grosimile mari ale straturilor din mixturi asfaltice (15-23 cm) este de remarcă influența temperaturii de suprafață ale drumurilor asupra valorii deflexiunii măsurate.

Rezultatele obținute confirmă experiențele făcute pînă în prezent atît pentru temperaturi joase cît și pentru temperaturi ridicate. Această confirmare poate fi dedusă prin portanța complexului rutier [167] exprimată prin mărimea totală sau remanentă a deflexiunii ( fig.II.1 )

Influența diferitelor temperaturi asupra mărimii caracteristicilor determinate prin măsurători de deflexiune este prezentată de specialiștii Jugoslavi și menționată în anexa II.1



VALOAREA DEFLEXIUNILOR TOTALI d0 LA TEMPERATURI RELATIV SCAZUTE - mm.

FIG. II.1

RAPORTUL DEFLEXIUNILOR TOTALI d0 MĂSURATE LA DIVERSE TEMPERATURI ALE SUPRAFETEI PĂRȚII CAROSABILE

### 3. STABILIREA DIAGNOSTICULUI

Pe baza investigațiilor efectuate, rapoartele naționale scot în evidență posibilități de diagnosticare a stării tehnice a drumurilor sau sectoarelor de drum după cum o investigație sau mai multe au intrat cu date de reținut în interpretarea finală a măsurărilor.

Astfel Belgia prezintă un exemplar de diagnostic bazat

pe mai mulți parametri din care aspectul vizual și deflexiunea caracteristică sînt considerate primordiale [171]

Diagnosticul se efectuează în două faze:

- în prima fază se separă tronsoanele susceptibile de a primi o întreținere, fie o reîncărcare, fie o reconstrucție completă
- în a doua fază se alege natura remedierii ce se va aduce în funcție de importanța degradărilor, de portanță, de gelivitatea solului.

Raportul belgian [171] precizează că deși tronsoanele de drum examinate au făcut parte din rețeaua drumurilor de mare circulație, metodele de investigare adoptate și concluziile degajate se pot aplica și drumurilor economice cu slabă circulație.

Un model de schemă de aplicare a ranforsării pe baza investigațiilor este redat în anexa II.2.

Raportul francez [171] preconizează un diagnostic bazat pe mai mulți parametri de investigare. Plecînd de la aceste date [27] se procedează astfel:

- pentru fiecare din cauzele principale ale degradărilor se definesc diferitele stări ale drumului ;
- se asociază la aceste diferite stări o soluție tip (întreținere, ranforsare, refacerea uneia sau a mai multor straturi) ;
- se leagă parametri de investigare la aceste diferite stări ale drumului ;
- se evaluează începînd cu acești parametri itinerariul și /sau a rețelei. [9]

Raportul României își bazează diagnosticul pe un indice de viabilitate a drumului calculat pornind de la doi parametri din care unul caracterizează portanța și altul uzura îmbrăcăminteii [171]

Elveția menționează în raportul său un diagnostic bazat pe relația existentă între deflexiune și numărul de treceri a unei osii standard de 82 kN calculate plecînd de la formulele AASHO [171]

Raportul URSS prezintă o metodă de stabilire a diagnosticului bazată pe comparația a două module de elasticitate ale drumului și anume : [171]

- modulul "cerut" Er care este în funcție de intensitatea circulației, de durata de exploatare și de durata de exploatare scontată ca și de nivelul de creștere a circulației.

- modulul "actual "  $E_a$ , determinat pornind de la deflexiunea vechiului complex rutier.

O comparație între valorile  $E_a$  și  $E_r$  permite delimitarea tronsoanelor a cărui portanță este considerată ca insuficientă dacă  $E_a < E_r$ .

Curbele din fig.II.2 sintetizează rezultatele măsurătorilor de deflexiune prezentate sub formă de curbe de deflexiune limită în rapoartele naționale și de sursele complementare de informații ( s-a ținut seamă de diferențele de sarcină utilizate în timpul măsurătorilor de deflexiune, în aplicarea factorilor de conversiune prezentați).

Cum se poate constata, panta curbelor de deflexiune( și în consecință susceptibilitatea la obiseală a drumurilor) și rigiditatea structurilor ( trasă prin valori absolute de deflexiuni) variază de la o țară la alta, ceea ce confirmă imposibilitatea adoptării într-o țară a criteriilor de deflexiune puse la punct în altă țară.

Se impune deci ca fiind mult mai realist să se procedeze mai curînd la o standardizare a metodelor de măsurare a deflexiunii și de a înlocui în aceste criterii termenul de " sarcină grea " sau "osie grea " printr-un termen mult mai precis ( ex.osie standard) decît să se facă studii de compilarea diverselor soluții naționale în vederea degajării unui criteriu "global".

Diagnosticul actual este bazat pe mai mulți parametri așa cum am văzut, ceea ce face să crească atît nivelul de încredere dar și costul măsurătorii.

Experiența specialiștilor belgieni în ce privește stabilirea diagnosticului unui drum ce necesită ranforsarea este sintetizată în patru exemple tipice de diagnostic menționate în tabelul II.2

Tabelul II.2

| Simbolul | Mărimea                                  | Formula ce se aplică   |
|----------|--|--|
| $N'$     | Durata de exploatare (DN, autostradă)    | $N' = 10412(1 - 1,06^{-P})N_j$ osii standard pe un sens de circulație  |
|          | Durată de exploatare (drumuri secundare) | $N' = 8860(1 - 1,06^{-P})N_j$ osii standard pe un sens de circulație în care:<br>P este numărul de ani în care de exploatare a structurii actuale;<br>Nj este numărul zilnic mediu de vehicule comerciale (între orele 6-22) 2 sensuri de circulație, împărțit prin 2. |



| Simbolul | Mărimea                        | Formula ce se aplică  |
|----------|--------------------------------|---|
| N        | Durata de exploatare           | $N = \frac{2,46 \times 10^{12}}{d^3 c}$ osii standard pe un sens de circulație<br>în care $d$ este deflexiunea caracteristică în 1/100 m m.   |
| n        | Durată de exploatare reziduală | N-N' osii standard pe un sens de circulație.  |
| S        | Gradul de degradare            | $S = \frac{1}{2} (S_g + S_d) \%$ pe o bandă de circulație;<br>în care:<br>$S_g = 100 (0,5 F + f + r)L$<br>date relative la banda stîngă<br>$S_d = 100 (0,5 F + f + r)L$<br>date relative la banda dreaptă;<br>în care :<br>L este lungimea tronsonului (m) ;<br>F este lungimea cumulată a fisurilor (m) ;<br>f este lungimea cumulată a faianțurilor (m) ;<br>r este lungimea cumulată a reparațiilor. |

Singurul mijloc de a asigura o rentabilitate a investigațiilor drumurilor este utilizarea aparatelor de măsură de deflexiune cu un mare randament și de a concentra încercările punctuale după decuparea zonelor omogene pe secțiunile slabe sau cele mai îndoielnice.

În ce privește caracterizarea nivelului de exploatare a unui drum, o utilizare abuzivă a formulei PSI riscă să conducă la erori de judecată, este mult mai justificat de a considera principalele tipuri de defecțiuni separat și de a le asocia, la fiecare tip de degradare, un criteriu particular [27].

În Belgia s-a aplicat multă vreme procedeul indicelui de serviciu sau de viabilitate. Indicele respectiv se determină pentru fiecare 500 m de drum. Întreaga rețea belgiană a fost astfel măsurată elaborîndu-se pentru 65000 km o hartă cu itinerariile testate stabilindu-se cu culori capacitatea portantă astfel:

- albastru                      5 > PSI ≥ 3,5                      f. bun
- verde                            3,5 > PSI ≥ 2,5                      bun
- galben                           2,5 > PSI ≥ 1,5                      mediu
- roșu                              1,5 > PSI                                rău

Dacă PSI este inferior lui 1,5 trebuie să se procedeze la reconstrucția secțiunii testate.

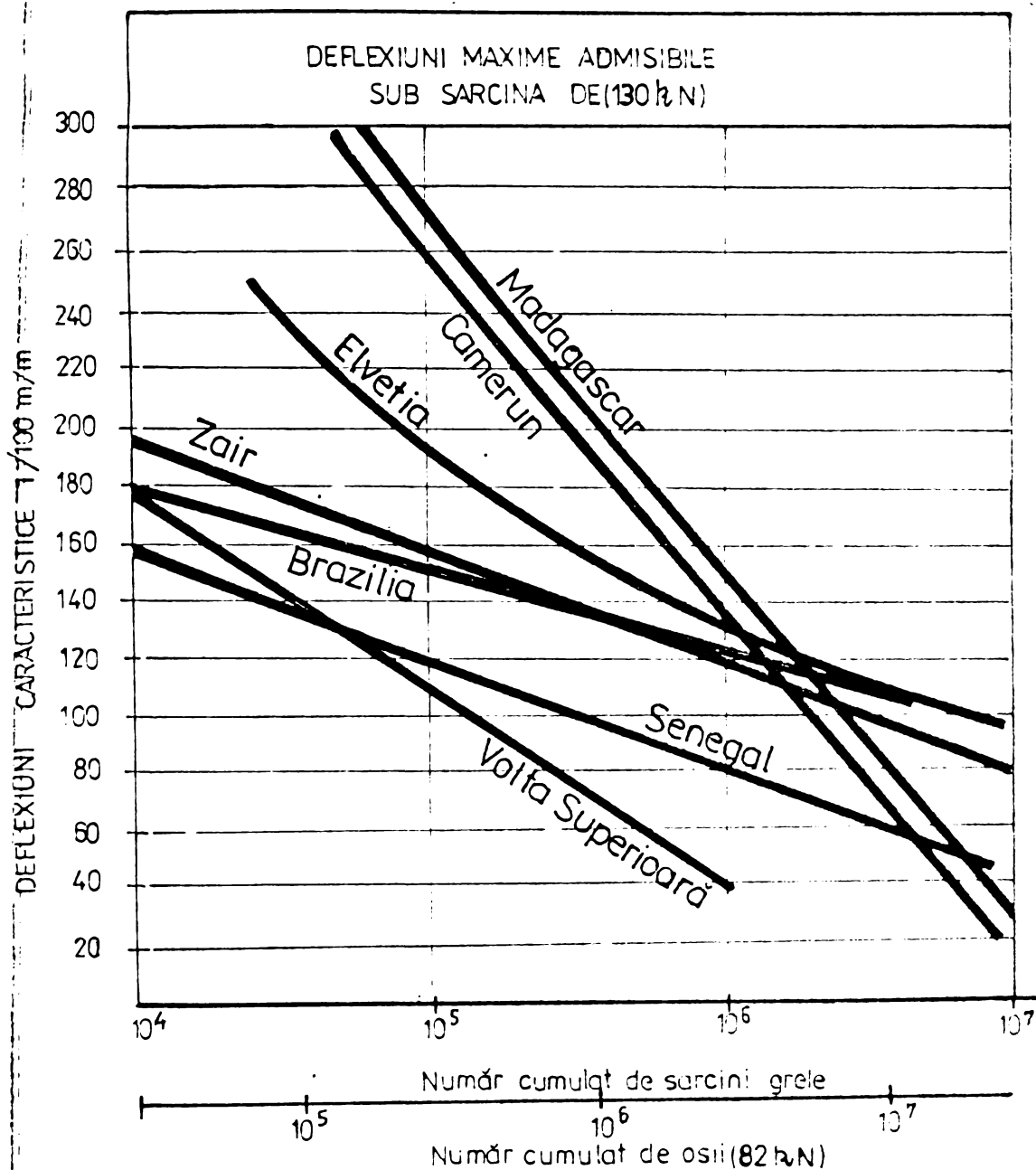


FIG. II.2  
SINTEZA CRITERIILOR DE DEFLEXIUNE DEZVOLTATE IN  
DIFERITE TARI PORNIND DE LA:

- Sarcina grea = 3,5 osii a 82 kN
- Coeficient de variație a deflexiunii 30%

următoare:

- SV este variația medie a pantei longitudinale;
- RD - adâncimea medie a fâgașelor;
- C - suprafața relativă fisurată;
- P - suprafața relativă plombată.

Aceste formule leagă între ele deformațiile geometrice ale drumului (suprafațarea longitudinală și adâncimea fâgașelor) cu procentajul de degradări și procentajul de reparații.

Avantajele aplicării acestor formule va fi evident

Metoda care ia în considerare mai mulți parametri în evaluarea globală a capacității portante a complexului rutier este metoda americană PSI a indicelui de serviciu sau de viabilitate definit prin două formule deduse experimental și anume :

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log.(1 + SV) - 1,38 RD^2 - 0,01 \sqrt{C+P} \quad [II.1]$$

pentru îmbrăcăminti suple și  
PSI = 5,41 - 1,78 log (1 + SV) - 0,09  $\sqrt{C+P}$  pentru îmbrăcăminti din beton de ciment [II.2]

In aceste formule, parametrii au semnificația

dacă ele vor permite legarea de o manieră satisfăcătoare a tuturor parametrilor caracteristici. Problema principală este de a ști ce pondere trebuie aplicată fiecărui parametru. [9]

Metodele utilizate privind evaluarea globală a capacității portante a complexelor rutiere existente au fost și sînt bazele așa cum rezultă din cele expuse mai înainte pe un singur parametru fie pe mai mulți parametri.

Așa de exemplu metoda utilizată în Franța în perioada de investigare a rețelei rutiere în 1965-1966 s-a bazat pe singurul parametru măsurat și anume: măsura deflexiunii și aceasta pentru că ori care ar fi criticile ce se pot face pe plan teoretic, deflexiunea măsurată continuu constituie un excelent indicator al calității

complexului rutier. Astfel pentru un complex rutier dat de natura îmbrăcăminților suple, o deflexiune mare este întotdeauna semnalul unei capacități portante reduse a structurii rutiere. Situațiile contrare nu sînt însă totdeauna adevărate.

Deflexiunile drumurilor economice cu slabă circulație reflectă destul de fidel deformabilitatea și starea platformei vizînd slaba rigiditate a corpului drumului.

În consecință ea este susceptibilă de a prevedea stări limită ale drumurilor necesitînd o intervenție rapidă.

Se constată o evoluție oarecare în materie de diagnostic a drumurilor în special cu trafic scăzut.

Primele metode de evaluare a sistemelor rutiere au fost bazate pe un singur parametru ( deflexiunea) fără a se ține seamă că :

- deflexiunea nu prevede toate defectele;
- criteriile de deflexiune (abace de tip "deflexiune număr cumulat de sarcini" nu sînt transmisibile de la o țară la alta ).

O altă concluzie poate fi degajată plecînd de la fig. II.2 ,ea privește influența probabila a naturii solului sub forma curbei de deflexiune limită [27.]

Curbele limită care se situează în partea superioară a fig.II.2 au fost stabilite de țări a căror soluri sînt puțin lateritice, se umflă ușor și sînt sensibile la acțiunea apei. Din contră , curbele limită situate în partea inferioară a fig.II.2 se referă la țările a căror soluri sînt lateritice, se umflă dar sînt puțin sensibile la acțiunea apei.

#### 4. UNELE ASPECTE ALE ANALIZEI DATELOR

Cînd parametrii de intrare au fost estimați sau determinați și cînd determinările rezultate au fost obținute plecînd

de la elemente statistice, informațiile trebuie să fie interpretate.

Pentru aceasta se utilizează fie date experimentale fie date mecanistice.

#### 4.1. DATE EXPERIMENTALE.

Datele experimentale prezintă avantajul de a fi simple, deflexiunile reale sau deflexiunile caracteristice sînt comparate cu normele sau recomandările denumite în mod general "nivelul deflexiunilor admisibile",

Plecînd de la experiența s-a determinat grosimea necesară pentru reducerea suficientă a deflexiunii astfel ca să se garanteze o oarecare durată de exploatare a structurii pentru un trafic dat

Pe de altă parte, există în mod natural pericolul ca o normă sau recomandare să fie aplicată în cazul unde alte condiții sînt întîlnite și pentru care nu a existat nici o experiență.

În cazul unor date experimentale, este totdeauna necesar de a rămîne în cadrul structurilor, a materialelor, a temperaturilor etc în cazul dat.

Dacă se dorește să se introducă noi materiale sau structuri noi suplimentare, sau dacă se dorește creșterea sarcinii pe osie, nu există decît o singură manieră de a prevedea efectele dimensiunii, aceasta este analiza mecanistică. [171]

#### 4.2. DATE MECANISTICE-MODELE DE DRUMURI

Comunicările făcute la Congresul Mondial al Drumurilor de la Viena (1979) de Texas, Schell, Olanda, Danemarca, România, Franța și Australia demonstrează o apropiere mecanistică [171, 102]

În toate comunicările structura sistemelor rutiere este considerată ca un sistem cu două, trei sau mai multe straturi omogene, izotrope și elastice de dimensiuni orizontale infinite.

Materialele diferitelor straturi sînt caracterizate printr-un modul de elasticitate, un coeficient Poisson și o grosime [21]

Utilizarea unui astfel de model este în cele mai multe cazuri adoptată datorită faptului că aproape toate sarcinile induse de eforturi și deformații dinamice în drumuri și timpii de încărcare sînt destul de scurți pentru a admite comportarea elastică a materialelor și de asemenea pentru că multe materiale rutiere din structură pot, cu o oarecare încredere, să fie considerate ca materiale elastice liniare dat fiind relativele mici eforturi și deformații dinamice și că datorită faptului că materialele nu ur-

mează strict legea lui HOOKE (Danemarca ) [171]

Sarcina pe roată se presupune a fi repartizată pe o suprafață circulară.

Utilizînd programe elaborate de ordinatoare: Bissar la Schell, Elsymasa în Texas și în Olanda, Alize III în Franța, Chevron în Danemarca, Consiro în România, este posibil să se calculeze/și deformațiile în structura rutieră.

#### 4.3. CAZURI DE RANFORSARE A DRUMURILOR SECUNDARE. TEHNOLOGII-EVALUARE PROIECTARE

Modalitatea tradițională de ranforsare a drumurilor secundare suedeze este de a așeza un strat de bază din pietriș de o grosime uniformă peste vechiul drum urmat de o îmbrăcăminte din pietriș împregnat cu bitum. Uneori aceasta înseamnă o ridicare a cotei drumului cu mai mult de 50 cm, ceea ce necesită o lărgire a părții carosabile de obicei îngustă și costuri mari datorate achiziției de teren necesar.

De cîteva ani Administrația drumurilor din Suedia testează o nouă modalitate de a rezolva problema ranforsării în special pe drumuri care nu au fost proiectate să răspundă standardelor de drumuri de astăzi și pe care capacitatea portantă variază considerabil. Noua tehnologie are drept scop îmbunătățirea adaptării stratului de acoperire la capacitatea portantă a drumului existent [111]

Noua tehnică a avut succes pînă acum, mai ales avînd în vedere faptul că stratul acoperitor a fost făcut comparativ subțire (adică nu a mai fost nevoie de lărgirea părții carosabile) folosindu-se un strat de <sup>asfaltică realizată</sup> mixtură cu emulsie bituminoasă cu granulometrie deschisă de grosime variabilă peste un strat de 10 cm pietriș folosit ca strat de bază.

##### 4.3.1. Măsurători ale capacității portante și calculul îmbrăcămintei

Calculul grosimii îmbrăcămintei se bazează pe măsurători ale capacității portante ale drumului existent cu ajutorul unui deflectometru automat de greutate redusă cu o capacitate mare de măsurare și cu o acuratețe mai mare decît a celorlalte dispozitive cunoscute. Măsurătorile sînt controlate de un micro-computer, care are în vedere și înregistrarea și prelucrarea rezultatelor măsurătorilor.

Calculatorul este programat să împartă drumul în segmente care sînt omogene din punctul de vedere al capacității por-

tante. În cadrul fiecărui segment de acest fel consolidarea va avea aceeași grosime. Fiecare segment este atribuit uneia din șase clase de capacitate portantă, în funcție de diferite grosimi de structuri de acoperire.

Trebuie observat faptul că metoda actuală folosită pentru calcularea grosimii se află încă în stadiul de perfecționare dar este în strânsă legătură cu instrucțiunile actuale de calcul al grosimii, editate de Administrația drumurilor.

#### 4.3.2. Realizarea construcției

Pietrișul din stratul de bază asigură un pat de drenare pentru îmbrăcăminte și o margine de drum stabilă și poate fi folosit pentru trafic pînă ce se așterne mixtura asfaltică.

De un interes deosebit este malaxarea și așternerea acesteia. Acest tip de mixtură a fost introdus în Suedia în 1975, în primul rînd ca un înlocuitor al mixturii cu pietriș impregnat cu țiglei bitum și s-a dovedit a fi foarte eficient tabelul II.3

Tabelul II.3

|   | <u>ANUL</u> | <u>TONNE DE MIXTURA</u> |
|---|-------------|-------------------------|
| Producția anuală de mixturi la rece de la începutul anului 1975         | 1975        | 1000                    |
|   | 1976        | 5000                    |
| (Producția totală de mixturi la rece" în Suedia: aprox. 1.000.000 t/an) | 1977        | 30000                   |
|   | 1978        | 70000                   |
|   | 1979        | 125000                  |
|   | 1980        | 250000                  |

Emulsia folosită corespunde tipului american CMS-2 (ASTM D 2397) și este folosită normal la 5-6,5%.

Mixtura ușor compactabilă este extrem de poroasă și conținutul ei ajunge deseori la 25-30%, ceea ce dă o suprafață a drumului netedă și bine drenată cu frecare adecvată și un aspect îmbunătățit în timpul condițiilor neprielnice de vreme.

Skanska a produs din 1977 îmbrăcăminți de mixtură rece în cea mai mare parte de tip " la rece " [170]

Dispozitivul pentru întinderea mixturii preparată cu emulsie este o mașină mobilă care amestecă și așterne. Agregatele sînt furnizate mașinii de către autocamion și vărsate în rezervorul mașinii. Agregatul este turnat în malaxor de către un transportor iar volumul agregatului este controlat de o sită reglabilă. La intrarea în malaxor se pulverizează emulsie peste agregate. Cantitățile de emulsie și agregate sînt măsurate continuu astfel încît grosimea și cantitatea mixturii pot fi urmărite în mod adecvat.

Compactarea acestei mixturi proaspăt așternute poate începe când apare ruperea suprafeței emulsiei. De obicei o compactare a suprafeței cu un compactor ușor cu roată de oțel este suficientă pentru a susține transportorul care aplică nisipul concasat. Compactarea finală constă în suficiente treceri pentru a se înlătura toate urmele de pe suprafață.

Mixturile cu granulometrie deschisă fac să se realizeze mai ușor ruperea emulsiei și eliberarea apei decât la mixturile compacte. Totuși tratarea finală ține câteva zile iar îmbrăcămintea este într-o oarecare măsură susceptibilă de a fi deteriorată de trafic în zonele unde apar frînări multe sau manevre de întoarcere.

durată de exploatare Pentru a se obține o performanță de lungă durată și o mai lungă pentru aceste tipuri de îmbrăcăminte este deosebit de important să se reducă pierderea de emulsie datorată scurgerilor produse, de exemplu, în urma căderilor mari de ploaie. De aceea este de dorit și necesar să se scurteze timpul de întrerupere și tratare la un minim absolut. Pentru a atinge acest scop este necesar să se cunoască și să se înțeleagă chimia emulsiilor bituminoase astfel ca aceasta să poată fi modificată în așa fel încât să se potrivească cel mai bine cu agregatele locale. Se pare de asemenea, că malaxarea într-un dispozitiv mobil cum este mașina de așternut mixtura are anumite avantaje în comparație cu malaxarea într-un dispozitiv staționar și transportarea mixturii umede neîntrerupte la locul de lucru.

#### 4.3.3. Observații

Consolidarea drumurilor secundare cu utilizarea tehnologiei descrise a dovedit că poate aduce un drum în stare bună cu un preț rezonabil, în anumite cazuri reducerea reală a costului a fost estimată la 50% în comparație cu modul tradițional de a folosi numai straturi groase de pietriș și de mixturi asfaltice. Un alt avantaj este acela al reducerii costurilor de întreținere.

#### 4.3.4. Alte criterii de evaluare și proiectare a drumurilor cu trafic redus.

Evaluarea și proiectarea straturilor de ranforsare a sistemelor rutiere pe drumurile cu trafic scăzut s-a perfecționat în unele țări pe baza măsurării deflexiunii, pe teoria straturilor elastice și pe modelele pentru evaluarea comportării la oboseală, în cazul fenomenului de formare a fâgașelor.

Procedeu adoptat, de Olanda de exemplu, corespunde condițiilor cerute deoarece :

- este operațional în mod curent;
- este bazat pe cea mai bună teorie disponibilă;
- este perfecționat și cu aplicabilitate ușoară;

Procedeul de evaluare și proiectare ia de asemenea în considerare criteriile de trafic, caracteristicile structurale de siguranță și confort în condițiile încercărilor nedestructive.

Metoda utilizează teoria straturilor elastice pentru a preveni deformarea îmbrăcăminților și un model de deteriorare pentru a evalua durata de exploatare a îmbrăcăminților.<sup>XX)</sup>

Procedeul folosește patru programe pentru calculator. La baza modelului folosit pentru evaluarea oboselii stă o relație între numărul încercărilor pe osie și deformarea de la baza stratului de asfalt.

Modelul folosit pentru depistarea viitoarelor fâgăse este bazat pe o relație dedusă din rezultatele obținute prin aplicarea testului AASHO.

Modelul anticipă deformările care pot apărea și numărul de sarcini (osii) pe sectoarele nerigide în cadrul testului AASHO.

XX) Folosirea unui deflectograf de tip Dynaflect are avantajul obținerii de date suficiente pentru fiecare anotimp și oferă imaginea (informația) asupra rezistenței întregii construcții, în general, și despre executarea diferitelor straturi în special.

Măsurătorile de deflexiuni sînt date de intrare pentru programul PLOTA care furnizează proiectanților grafice ale deflexiunilor măsurate de-a lungul drumului, graficul indicilor de deformare a suprafeței (SCI) și cel al indicelui de deformare a fundației (BCI).

Primul indice (SCI) dă indicații asupra proprietăților suprafeței îmbrăcăminților iar valoarea lui BCI este legată în general de proprietățile fundației.

O altă valoare a curbei deflexiunii importantă în obținerea de informații calitative despre starea îmbrăcămintei este gradul de împrăștiere:

$$S = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5 d_1} \quad [II.3]$$

Unde  $d_1 . . . . d_5$  sînt valori citite ale deflexiunilor.

Sectoarele total diferite din punct de vedere al deflexiunilor sînt examinate separat în vederea evaluării și aplicării procedurii de proiectare adecvat.



#### 4.3.4.1. Teorii și criterii

Folosirea modelului liniar elastic în construcție nu presupune comiterea unor greșeli mari în rezultatele obținute prin calcul aceasta în primul rând că aproape toate încărcările din trafic produc deformări dinamice în construcție.

În cazul drumurilor cu trafic redus componenta de fluaj a deformării și care are influența mare asupra formării fâgașelor, nu este importantă din cauza influenței mari a fundației ei asupra acestui fenomen cât și din cauza grosimii asfaltului.

Deoarece sînt examinate doar comportarea elastică și caracteristicile materialelor nu se comite nici o greșală în folosirea modulelor de elasticitate, care sînt calculate folosind deflexiunile obținute.

Fenomenele de rupere și de formare a fâgașelor par să fie cauzele principale ale lucrărilor majore de întreținere pe drumuri cu volum redus de trafic și de aceea aceste elemente sînt considerate criterii ale procedurii de proiectare.

Modelul pentru aprecierea oboselii folosește deformația reală produsă prin aplicarea unei sarcini, deformație ce este calculată cu ajutorul teoriei straturilor elastice la baza stratului de îmbrăcăminte bituminoasă. Aceste calcule pot fi dublate de încercări de laborator pe probe luate din îmbrăcăminte.

În paralel cu modelul pentru aprecierea oboselii, se creează și un model pentru evaluarea fenomenului formării fâgașelor în vederea limitării adîncimii acestora. În acest scop este folosită o ecuație dedusă din datele testului AASHO, în care este stabilită relația între adîncimea admisă a unui fâgaș, deformări în diferite locuri ale îmbrăcămintei și numărul de repetări ale aplicării de sarcini pe osie.

Toate aceste elemente sînt sintetizate în programe de calcul cum sînt ELSYM 5 A, POTS 1 A și ACOVL.

#### 4.3.4.2. Caracterizarea materialelor și altor date de intrare

Datele necesare pentru folosirea procedurii de ranforsare sînt grosimea diferitelor straturi și coeficientul (raportul) Poisson al acestora.

Grosimea straturilor se deduce din sondaje.

Modulul de elasticitate se calculează cu ajutorul valorilor deflexiunilor măsurate cu aparatul Dynaflect ele depinzînd sau putînd fi corectate și cu rezultatele încercărilor de laborator la teste dinamice triaxiale.

Informațiile ce produc schimbări în rezistența îmbrăcăminteii sînt examinate ca și variabilele de trafic sau de mediu.

Variabilele de trafic care constau în numărul total al vehiculelor, distribuția tipului de vehicul și distribuția încărcărilor pe osie în timpul perioadei de evaluare sînt necesare ca date de intrare.

O evaluare vizuală a stării drumului se folosește de regulă pentru a obține informații suplimentare.

#### 4.3.4.3. O aplicare exemplu a procedului.

Aplicarea procedului s-a realizat pe un drum comunal, executîndu-se 5 tronsoane a căror module ale anrobatului bituminos și ale fundației au fost determinate în laborator.

În tabelul II 4 sînt arătate deflexiunile măsurate, deviația standard și valoarea adoptată pentru proiectare.

Tabelul II.4

| SECTORUL | deflexiunea de bază<br>(in $\times 10^{-3}$ ) | deviația standard<br>(in $\times 10^{-3}$ ) | deflex <sup>1)</sup><br>95%<br>(in $\times 10^{-3}$ ) | deflex.de<br>proiectare <sup>2)</sup><br>(in $\times 10^{-3}$ ) |
|----------|---|---|---|---|
| A        | 0,725   | 0,064                                       | 0,830   | 0,812   |
| B        | 1,103   | 0,129                                       | 1,315   | 1,235   |
| C        | 0,798   | 0,116                                       | 0,989   | 0,899   |
| D        | 1,682   | 0,289                                       | 2,157   | 1,844   |
| E        | 1,772   | 0,152                                       | 2,022   | 1,985   |

1) deflexiunea 05% este egală cu deflexiunea de bază plus produsul coeficientului (1,645) și al deviației standard.

2) deflexiunea de proiectare este egală cu deflexiunea de bază înmulțite cu factorul de corectare a temperaturii de 1,12

3) 1 inch = in = 2,54 cm

În tabelul II.5 sînt redată valorile modulului de elasticitate al fundației pentru fiecare sector.

Tabelul II.5

| SECTORUL | Modulul de elasticitate<br>PSI 1) | Materialul               |
|----------|-----------------------------------|--------------------------|
| A        | 185.000                           | zgură de furnal(0-44 mm) |
| B        | 60.000                            | zgură de furnal(0-70 mm) |
| C        | 222.500                           | zgură de furnal(0-40 mm) |
| D        | 30.000                            | granulit(piatră de mină) |
| E        | 20.000                            | roci vulcanice(0-40 mm)  |

#### 4.3.4.4. Rezultatele evaluării comportării îmbrăcăminților.

Pentru calculul duratei de exploatare a unei îmbrăcăminți rutiere se folosește drept criteriu rezistența la oboseală a îmbrăcăminții bituminoase. Din această cauză trebuie calculată deformarea în condițiile unui trafic real.

Pentru a calcula perioada de timp care trece pînă la apariția fisurilor pe îmbrăcămintă, este folosită o relație între deformare și numărul total de treceri de osii.

Este estimată și durata de exploatare a unei îmbrăcăminți ca funcție a procentajului de avarii cauzate de trafic în perioada de proiectare.

Se calculează rezistența la oboseală a fiecărui sector.

Tabelul II.6 pune în evidență rezistența la oboseală a sectoarelor:

Tabelul II.6

| SECTORUL | Deformație $\times 10^{-5}$<br>încărcări de 11.000 lb.<br>(50 kN) |  |
|----------|---|--|
| A        | 9,08  | 1) 1 psi = 0,06894 daN/cm <sup>2</sup> |
| B        | 21,46   | 2) 1 lb. = 1 libree =                  |
| C        | 10,21   | 1 pound = 0,45359 kg                   |
| D        | 28,71   |  |
| E        | 35,75   |  |

#### 4.3.4.5. Proiectarea stratului de ranforsare

Așa cum s-a arătat anterior, grosimea stratului de ranforsare s-a calculat cu ajutorul teoriei straturilor elastice folosind criteriile de oboseală și de formare a fâgașelor.

Procedeul prevede grosimi ale stratului de ranforsare pentru un număr echivalent de 100 kN notată N 22 respectiv 22000 libree (lb) de încărcări pe osie, pentru criteriile de oboseală și de formare a fâgașelor.

Metoda ia în considerare și starea de viabilitate prezentă a îmbrăcămintei care necesită un strat de ranforsare.

În tabelul II.7 sînt prezentate datele pentru proiectarea stratului de ranforsare a unui sector efectiv realizat. Modulul stratului de ranforsare a primit valoare de 850.000 psi (1 psi = 0,06894 daN/cm<sup>2</sup>).

Programul prezintă un sumar pentru fiecare grosime a stratului de ranforsare așa cum s'arată în tabelul II.8

...//...

Tabelul II.7

Date de intrare în calculator la  
programul ACOVL

|  | $\frac{E}{\text{psi}}$ | Coeficientul lui<br>Poisson | Grosime<br>(inch)/cm. |
|--|------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Strat de<br>ranforsare                       | 850.000                | 0,3                         | -                     |
| Imbrăcămintă bitu-<br>minoasă veche          | 70.000                 | 0,3                         | 4,3 / 10,8            |
| Strat de bază                                | 30.000                 | 0,4                         | 15,4 / 39,1           |
| Substrat                                     | 15.000                 | 0,4                         | 31,5 / 79,0           |
| Fundație                                     | 7.500                  | 0,45                        | -                     |
| Adâncimea permisă a<br>făgașului în inch(in) |                        | 0,8                         |                       |

Tabelul II.8

Sumarul datelor pentru sectorul  
realizat

| Grosimea<br>stratului de<br>ranforsare<br>(cm) | Formarea<br>făgașelor<br>(Trafic<br>N 22 res-<br>pectiv<br>100 kN) | Oboseală<br>trafic<br>(N 22 res-<br>pectiv<br>100 kN) |
|--|--|---|
| 7,0  | 1,17 E + 0,7   | 1,05 E + 0,6  |
| 13,0   | 3,25 E + 0,7   | 8,62 E + 0,6  |
| 19,0   | 5,69 E + 0,7   | 5,49 E + 0,7  |
| 25,0   | 8,07 E + 0,7   | 2,72 E + 0,8  |
| 31,0   | 1,025 E + 0,8  | 1,04 E + 0,9  |

Sectorul studiat trebuie să i se aplice un strat de ranforsare în grosime de 7,0 cm pentru a suporta  $9 \times 10^5$  aplicări ale sarcinii pe osie de 100 kN.

Pentru criteriul de formare a făgașelor este necesar un strat de ranforsare de 3 cm pentru  $9 \times 10^5$  aplicări de sarcini.

De remarcat că datele referitoare la încărcările pe osie și exactitatea preliminarilor după 15-20 ani au o mare influență asupra calculării grosimii stratului de ranforsare și a duratei de exploatare a acestuia.

Acest lucru este prezentat în fig.II.3. În cazul criteriului de oboseală diferența în grosimea stratului de ranforsare între mărimea traficului 2%, 4% și 6% este de aproximativ 1 cm.

./.

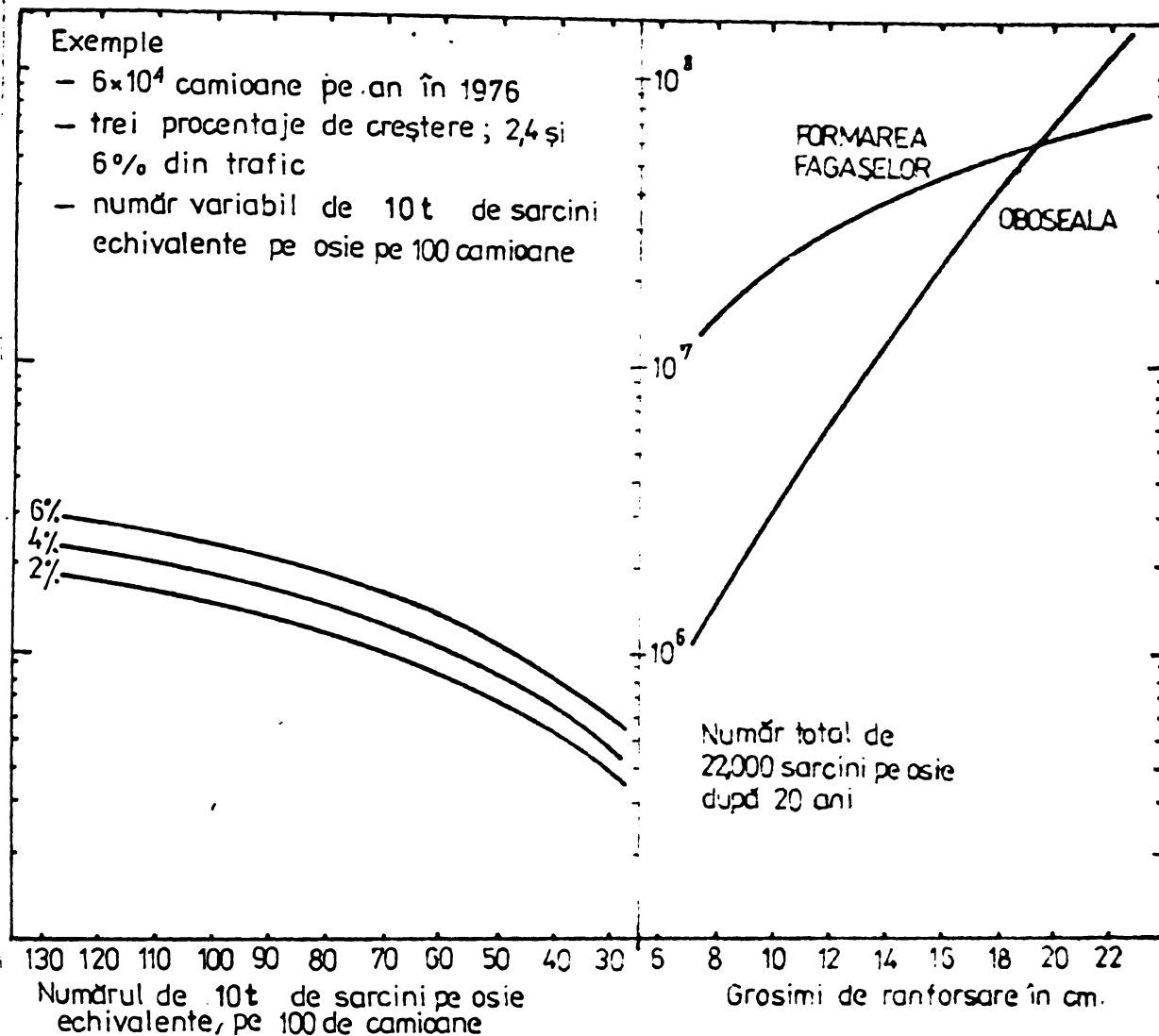


FIG. I.3

DATELE REFERITOARE LA TRAFIC

4.3.4.6. Datele referitoare la climă

Temperaturile și fluctuațiile acestora în timpul anului sînt folosite pentru a corecta datele obținute prin măsurarea deflexiunii și pentru a estima diferite module de elasticitate pentru straturile bituminoase în diferite anotimpuri pentru calcularea obosealii.

Cunoașterea influenței conținutului de umiditate asupra fundației și substraturilor (asupra materialelor din care sînt realizate acestea) este de mare importanță și ne dă ocazia să folosim diferiți moduli de elasticitate pentru diferite conținuturi de umiditate.

Informațiile asupra căderii ploilor și a nivelului apelor din pămînt pot influența în mare măsură evaluarea rezultatelor.

De exemplu, influența modulelor substraturilor asupra formării făgașelor este foarte importantă.

4.4. MASURAREA RAZEI DE CURBURĂ A DEFORMĂRII SUB SARCINA

Se poate arăta că într-un sistem rutier bistrat produsul dintre raza de curbura  $R$  și deflexiunea maximă este un indicator de rigiditate relativă a celor două straturi ale drumului [110].

Drumul este compus din două straturi nelegate de calitate corectă produsul  $R \cdot d$  este practic constant oriunde ar fi deflexiunea (în general de ordinul a 5000 - 7000) în care  $R$  este

exprimată în metri și d în 1/100 mm). Această valoare este comparată cu cea care a fost denumită de comportament mecanic al straturilor granulare.

Un produs R.d mic ( $< 4500$  de exemplu) va fi indicatorul unui sector de drum insuficient de gros ca sistem rutier sau a unui strat de calitate mediocră. Un produs R.d mare ( $> 10000$  pune în evidență adesea prezența necunoscută a unui strat mai mult sau mai puțin mediocru ( pentru straturile bine tratate, produsul R.d este superior lui 15000 și chiar lui 20.000).

Studiind evaluarea îmbrăcăminților existente bazate pe deflexiuni și mărimea razei de curbură profesorii Y, Miura și T. Tobe din Japonia ( au apreciat că este foarte important să se observe că produsul razei de curbură și al deflexiunii arată echilibrul structurii îmbrăcăminții și ca atare aceste mărimi trebuie luate în considerare.

Totodată pe baza rezultatelor experimentale s-a constatat că deflexiunea și raza de curbură măsurate pe teren variază cu temperatura și că influența acesteia este mai mare asupra razei de curbură decât asupra deflexiunii.

În ce privește rigiditatea stratului portant, aceasta afectează în mare măsură deflexiunea, dar nu are mare influență asupra razei de curbură.

Aceiași autori investigând posibilitățile de evaluare a îmbrăcăminților existente pe baza testării materialelor componente au tras unele concluzii interesante în ce privește pământul din fundație și anume : [10]

- a) în legătură cu modulul de elasticitate al fundației și umiditatea solului de fundație. Astfel studiile lui Richards [116] privind corelarea umidității pământului de fundație cu modulul de elasticitate au scos în evidență relația directă dintre volumul precipitațiilor, temperatură și alte condiții și valoarea CBR a unei probe de pământ prelevate arbitrar din corpul drumului;

- b) relația temperatură-absorbție pare să fie reprezentată de o curbă de gradul II care are valoarea maximă în vecinătatea temp. de  $15^{\circ}\text{C}$  așa ca să se poată spune că investigațiile în scopuri de proiectare trebuie făcute când temperatura atmosferică medie lunară devine egală cu  $10 - 20^{\circ}\text{C}$  ;

- c) pentru a evalua îmbrăcămințea existentă, este necesar să se determine bine starea fundației în momentul investigării și în continuare să se trateze pământul de fundație în stare netulburată. Din această cauză absorbția în momentul investigării

trebuie făcută corect prin aparate de măsură de umiditate îngropate în diferite puncte ale sectorului de drum respectiv.

Continuarea investigațiilor la testul de compresiune prin încărcare repetată a probelor netulburate în condițiile de absorbție respective ne poate furniza în continuare date pentru determinarea modulului de elasticitate a terenului de fundație.

#### 4.5. CONCLUZII

Ranforsarea complexelor rutiere așa cum s-a sintetizat în acest capitol scoate în evidență în fapt principalele aspecte privind:

- strategia de ranforsare ce urmează a fi adoptată în funcție de rețea, trafic, zona climaterică etc ;
- parametrii de intrare în metodele de calcul (traficul, efectele climaterice, capacitatea portantă a complexelor rutiere existente etc );
- unele criterii de evaluare și proiectare a ranforsării.

Analiza acestor elemente, de bază în tratarea ranforsărilor complexelor rutiere, este oportună și creează premisele unei delimitări a priori privind concepția ranforsărilor complexelor rutiere existente ținând seamă de poziția și însemnătatea traseului sau a rețelei în circuitul economico-societal. Pe de altă parte analiza parametrilor de intrare în metodele de calcul cât și investigațiile ce operează asupra rețelei rutiere ne pun la dispoziție elemente variate de studiu pentru complexul rutier supus ranforsării.

Consider important în contextul acestor studii acceptarea în condițiile țării noastre a următoarelor considerente:

- strategia de ranforsare progresivă;
- aplicarea în calcule a sarcinii pe osia simplă de 100 kN egală cu aceea prevăzută să circule pe drumurile publice prin Legea 13/1974 ;
- investigarea întregii rețele privind deflexiunea, caracteristicile pământului și efectele hidrogeologice și climaterice;
- folosirea formulei PSI ( indicelui de viabilitate) și a măsurării razei de curbură a deformației sub sarcină numai cu titlu de informare pentru comparații.

## CAPITOLUL III - ASUPRA DIMENSIONARII COMPLEXELOR

### RUTIERE

#### 1. CRITERII DE DIMENSIONARE A STRATURILOR DE RANFORSARE

Este evident că în ce privesc criteriile utilizate acestea sînt în relații directe cu cadrul în care datele au fost interpretate.

În cazul unor date experimentale, criteriile sînt adesea tangibile și în raport direct cu măsurătorile ( deflexiuni admisibile).

Intr-o soluție mecanică criteriile se raportează la mărimi ca cele de eforturi și deformații care nu sînt culese prin măsurători directe, însă obținute prin deducții sau din alte măsurători (deflexiuni reale și forma deformației).

Cum s-a semnalat mai înainte, comunicările făcute de Anglia și statul Pennsylvania la Congresul de la Viena sînt bazate pe date experimentale iar mărimea unei deflexiuni caracteristice este utilizată ca fiind criteriu. Această deflexiune este dedusă din deflexiunile măsurate și adoptate pentru anotimpuri, temperatură și natura solului. [171]

În comunicarea României la același congres, criteriile de dimensionare sînt bazate pe limitarea întinderii la baza straturilor, întinderile de tăiere la mijlocul straturilor și mai ales capacitatea portantă a ansamblului drumului după aplicarea stratului de ranforsare. [171]

Cu toate că acest ultim punct se referă la un nivel de deflexiune maximum admisibil, este de asemeni specificat ca un alt criteriu energia absorbită prin construcție în timpul măsurării deflexiunii trebuie să fie egală cu energia înduită de sarcină.

Fisurarea și apariția fâgașelor sînt două criterii principale citate în comunicările Olandei și Texas . [142]

Tendința de fisurare este pusă în relație cu întinderi radiale la fața inferioară a stratului bituminos.

În același timp cînd stratul bituminos existent este puternic fisurat, alungirea la fața interioară a stratului de ranforsare este criteriul principal considerat.

În ceea ce privește fâgașele se utilizează datele din încercările AASHO. [153, 155]

Pentru modelul bazat pe sistemul multistrat elastic, comunicările Danemarcei sînt fundamentate pe două criterii:



- deformația de întindere admisibilă în stratul bituminos (obișnuit la fața inferioară) și

- eforturile normale admisibile la nivelul solului.

Primul criteriu vizează să împiedice fisurarea în stratul bituminos atît timp cît al doilea criteriu vizează limitarea deformațiilor permanente excesive ale sistemului rutier

În Franța a fost reținut un criteriu similar [4].

### 1.1. COMENTARII

Este unanim acceptat de către specialiști că există procedee de a măsura deflexiunile și de a aplica metode de interpretare pentru dimensionarea straturilor de ranforsare.

Totuși nu trebuie să uităm că dimensionarea stratului de ranforsare nu este decît o parte din istoria renovării unui sistem rutier. [110,108]

Puține lucrări au fost făcute în ce privește considerațiile economice. Este vorba totuși de un subiect foarte important nu numai pentru alegerea materialelor și utilizarea în ranforsare, ci deopotrivă și pentru intervalul de execuție a stratului de ranforsare. [109]

Există menifestată de asemenea o dependență între momentul aplicării stratului de ranforsare și grosimea sa, cu cît se așteaptă mai mult pentru a aplica stratul de ranforsare cu atît mai puțin structura existentă a sistemului rutier va contribui la portanța structurii complete. Va trebui să se poată prevedea acest moment cu mult timp înainte.

Este de așteptat ca această interacțiune va depinde de condițiile locale, însă de ea va trebui să se țină cont în strategia de ranforsare.

Metodele experimentale de dimensionare a straturilor de ranforsare oferă multe avantaje ; ele sînt adesea rapide și ușor de aplicat.

Totuși trebuie să amintim că astfel de sisteme nu sînt valabile decît dacă condițiile în care ele au fost verificate rămîn aceleași.

În cazul în care acestea se schimbă ( de ex, sarcini pe osie mult ridicate ) sau cînd ele sînt utilizate în alte țări decît în acelea unde ele au luat naștere, trebuie să fim foarte atenți la aplicarea lor.

Aceasta este deopotrivă adevărat și în cazul utilizării conceptului zis " echivalența între straturi " care nu este valabilă decît pentru circumstanțe bine definite cînd acest concept

este utilizat în afara regiunii pentru care el a fost pus la punct.

Metodele mecanistice au câștigat vizibil teren și multe din sistemele prezentate azi oferă perspectivele viitorului.

Unul din punctele slabe ale metodei mecanistice este introducerea materialelor fisurate într-un model care utilizează materiale omogene și liniare puse în straturi de dimensiuni infinite horizontale.

Importanța fisurării poate evident fi determinată și în acest sens Franța este bine echipată cu aparate pentru controlul automat al itinerariilor acestor fisuri.

Totuși există necesitatea unui echipament capabil de a detecta fisurarea încă nevizibilă la suprafață astfel încât să putem duce o acțiune preventivă înainte ca aceste fisuri să se agraveze și să se propage în suprafață.

Proprietățile materialelor, datele relative la trafic și la climat și nivelul deflexiunilor sînt foarte variabile.

Este din această cauză indispensabil de a aplica în calcule și un tratament statistic. În același timp sensibilitatea acestor variații conduce la necesitatea de a<sup>se</sup> aprofunda problema după posibilități cu încă alte studii. [171]

## 2. CONCEPȚII ȘI METODE DE CALCUL A RANFORSĂRIILOR COMPLEXELOR RUTIERE

În prezent în lume există o multitudine de metode de calcul a ranforsărilor, unele din ele bazate pe o aceeași concepție dar cu parametri și elemente de calcul sau de interpretare diferite.

În cele ce urmează se prezintă sintetic câteva din metodele de calcul de ranforsare adoptate pe diferite țări și prezentate în majoritate la Congresul Mondial al Drumurilor de la Viena 1977.

Tabelul III.1

| Nr. crt. | Tara      | Metoda                                      | Descrierea pe scurt a metodei sau parametrilor de calcul                                 |
|----------|-----------|---|--|
| 1.       | Anglia    | Experimentale+ Deflexiuni admisibile limită | Deflexiuni măsurate și adoptate în funcție de anotimpuri, temperatură și natura solului. |
| 2.       | Australia | l'Asphalt Institute                         | Evaluarea duratei de exploatare reziduale și alegerea soluțiilor de ranforsare.          |

./.

| Nr. crt. | Tara      | Metoda  | Descrierea pe scurt a metodei sau parametrilor de calcul  |
|----------|-----------|---|---|
| 3.       | Belgia    | Metoda multi-strat elastica   | Concepția de calcul a grosimilor straturilor unui drum ranforsat urmează aceleași principii de bază ca la alegerea concepției unui nou drum ținând seama de rezultatele diagnosticului valabil.   |
| 4.       | Danemarca | Sistem multi-strat elastic  | Grosimea straturilor se determină pe baza modulelor de elasticitate ale acestora rezultați sub sarcini grele.   |
| 5.       | Elveția   | Met.1.AASHO<br>precizarea grosimilor de ranforsare plecând de la indicele de structură a vechiului drum.<br>Met.2 deformației(deflexiunii)precizarea grosimii, stratului de ranforsare în funcție de reducerea accentuată a deflexiunii | Metodele sînt tratate pe larg în teză   |
| 6.       | Finlanda  | Metoda analitică după Asphalt Institute   | Extinderea metodei de dimensionare a șoselelor (Asphalt Institute)  |
| 7.       | Franța    | LCPC (F)<br>Sistem multi-strat elastic  | Metodă asimilată sistemului multi-strat elastic. Calculele se efectuează cu ajutorul programului ALIZE III al LCPC în două faze din care :<br>- prima caracterizează primul drum<br>- a doua dă elemente pentru dimensionarea ranforsării<br>Se insistă asupra exactității parametrilor introduși în calcul(moduli legi de oboseală și mai ales tipurile de sarcini pe osii). |
| 8.       | Italia    | Multistrat elastică<br>Vîsco-elastică<br>"VESTRA"   | Metoda Vestra ia în considerare adevăratele proprietăți ale materialelor și încărcarea din circulație   |
| 9.       | Olanda    | "Schell"<br>Modele lineare elastice multi-strat.  | Metoda bazată pe măsurarea deflexiunii ține seama de un mare număr de parametri și se aplică într-o gamă importantă de cazuri.  |

| Nr. crt. | Tara       | Metoda   | Descrierea pe scurt a metodei sau parametrilor de calcul   |
|----------|------------|--|--|
| 10.      | Portugalia | Analiza eforturilor în sistem asimetric  | Evaluarea previzională a duratei de exploatare a șoselei ranforsate în relații de fisurare prin oboseală și lat cu sistem de adâncimea denivelărilor în lung (făgașe).   |
| 11.      | R.D.G.     | Deflexiune admisibilă  | Alegerea soluției este efectuată în funcție de intensitatea de circulație și de deflexiunea drumului supus ranforsării.  |
| 12.      | România    | Criteriul deformației elastice admisibile  | Limitarea întinderii la baza stratului. Capacitatea portantă a ansamblului să se înscrie în limitele deflexiunii admisibile.   |
| 13.      | Spania     |  | Prezintă recomandări în materie de alegere a straturilor de ranforsare din materiale bituminoase pentru a garanta o durată de exploatare suplimentară de 2-10 ani, ținând seama de intensitatea circulației.   |
| 14.      | Ungaria    | Codul de dimensionare maghiar (deformații elastice admisibile)                             | Metoda se bazează pe măsurarea deflexiunilor reale ( $S_m$ ) ale vechiului drum ce se compară cu deflexiunile admisibile ( $S_e$ ) și care sînt stabilite în funcție de volumul de trafic prevăzut pe durata de serviciu stabilită. Grosimea stratului de ranforsare necesar $M$ (în cm) pentru beton asfaltic este dat de relația:<br>$M(\text{cm}) = 35 \log. \left( \frac{S_m}{S_e} \right) \quad (\text{III.1})$ |
| 15.      | URSS       | Teoria sistemului elastic  | Vechiul drum considerat ca un masiv semiinfinit elastic caracterizat prin modulul actual "Ea" grosimea de ranforsare este determinată plecînd de la condiția ca modulul echivalent al sistemului "vechiul drum+straturile de ranforsare" să fie egal cu modulul cerut $E_r$ . Metoda prevede grosimi minime de ranforsare în funcție de natura lor   |
| 16.      | SUA        | Calculul deformațiilor folosind teoria elasticității pentru diferite grosimi de ranforsare | Stabilirea grosimii de ranforsare se bazează pe deformațiile admise la oboseală și la formarea făgașelor ținîns seamă totodată de durata de exploatare rămasă a complexului rutier.  |

Așa cum s-a menționat în tabelul III.1 există în prezent multe metode de calcul de ranforsare ( metode empirice, semi-empirice, adoptări de metode de dimensionare a drumurilor noi). Transpunerea metodelor bazate pe modele matematice de la o țară la alta necesită o bună cunoaștere a spectrelor sarcinilor vehicu-

lelor caracteristicile mecanice ale materialelor și condițiilor locale climaterice [171]

Cercetările viitoare vor trebui să se orienteze către:

- caracterizarea condițiilor de încărcare și a condițiilor climaterice a țărilor ce doresc să aplice un model matematic deja dezvoltat;

- caracterizarea materialelor locale prin parametrii susceptibili de a fi introduși în modelele matematice ( de exemplu legi de oboseală și deformații permanente).

### 3. DETALIAREA UNOR CONCEPȚII DE CALCUL ÎN DIVERSE

#### TARII

În cele ce urmează sînt descrise succint concepțiile de calcul a ranforsărilor complexelor rutiere nerigide din care se desprind unele puncte de vedere apropiate îndeosebi în ce privește adoptarea tehnicii de măsurare a deflexiunilor cît și unele puncte de vedere total deosebite pe linia interpretării datelor și a conducerii calculului de dimensionare propriu zis.

3.1. III. FRANȚA În normele franceze dimensionarea ranforsărilor și deci stabilirea grosimii straturilor ( de bază și de rulare) se face în funcție de patru parametrii caracteristici 165 și anume:

- traficul suportat  $T_j$  ;
- indicele de îngheț în iarna de referință  $IR$ ;
- clasa de structură a vechiului drum  $C_j$ ;
- indicale de comportare la îngheț a vechiului drum  $Y_a$  ;

Parametrii  $IP$  și  $Y_A$  nu sînt luați în considerare dacă efectele înghețului nu sînt însemnate.

#### 3.1.1. Luarea în considerare a traficului ( $T_j$ )

Dimensionarea ranforsării unui complex rutier este condiționată de intensitatea traficului greu. Clasele de trafic  $T_j$  sînt în fapt acelea din catalogul de structuri tip pentru gosele noi aprobat la 5 decembrie 1977 și corespund vehiculelor de sarcină utilă superioară lui 5 tone pe calea cea mai încărcată.

Este deci important să se culeagă maximum de informații asupra intensității traficului greu în cursul anilor anteriori și asupra evoluției previzibile. În acest scop cîntărirea dinamică va putea fi utilizată avantajos.

Clasa de trafic  $T_j$  este determinată pornind de la traficul greu jurnalier mediu notat ( $PL-MJA$ ) pe calea ce mai încăr-

cată a drumului în timpul anului de ranforsare și în ipotezele următoare:

- sarcinile grele luate în considerare sînt acele sarcini utile superioare sau egale cu 5 tone
- nivelul de creștere a mediei geometrice a traficului luat în considerare în grosimile de ranforsare preconizat este de 7%.

În cazul în care creșterea previzibilă diferă de 7% se aplică coeficienții de corecție din tabelul III.2.

Tabelul III.2

| Nivelul anual<br>media geometrică<br>a creșterii tra-<br>ficului       | 0%   | 1%   | 2%   | 3%   | 4%   | 5%   | 6%   | 7% | 8%   | 9%   | 10%  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|------|
| Coeficienții de<br>multiplicare a<br>traficului anu-<br>lui ranforsare | 0,62 | 0,86 | 0,71 | 0,76 | 0,81 | 0,87 | 0,93 | 1  | 1,07 | 1,15 | 1,24 |

Clasele de trafic adoptate sînt următoarele:

| $T_3$ | $T_2$ | $T_1$ | $T_0$ |
|-------|-------|-------|-------|
| 50    | 150   | 300   | 750   |
|       |       |       | 2000  |

PL-MJA pe banda cea mai încărcată în anul de execuție a lucrărilor.

Cunoașterea pe cît posibil de exactă a agresivității traficului greu (intensitate, sarcină pe osie) este un element fundamental în dimensionarea ranforsării. În acest scop pe lîngă cîntărire se impune să se execute :

- recensămîntul periodic al traficului greu;
- numărători totale de trafic mediu zilnic și a evoluției procentajului de sarcini grele (capacitate utilă  $CU > 5 T_0$ ).

### 3.1.2. Clasa de structură a drumului propus pentru ranforsare - Ci

Clasa de structură,  $C_j$ , a vechiului drum se determină pentru fiecare secțiune omogenă printr-o apreciere sintetică globală a stării mecanice bazată pe analiza factorilor menționați mai jos și a traficului greu suportat în cursul ultimilor ani.

- structura vechiului drum (natura și grosimile diferitelor straturi) în legătură și cu condițiile locale geotehnice și hidraulice ale solului suport (existența și starea lucrărilor de drenaje);

- natura, importanța și data lucrărilor realizate anterior pe tronsonul în cauză; ./.

- starea suprafeței drumului rezultată dintr-un examen vizual (fisuri, faiantașe, deformații etc);

- măsurători de comportare mecanică reprezentate prin deflexiuni caracteristice ( $d_c$ ) valabile pentru o lungime determinată de drum.

Determinarea clasei de structură  $C_j$  în actuala situație și stare de cunoștințe nu poate fi definită după reguli precise, va rămâne o chestiune de judecată, de experiență și de cunoștințe locale de comportare ale drumului.

Totuși linia directoare a raționamentelor care trebuie să conducă la această determinare este următoarea:

3.3.2.1. În cazul în care nu este concordanță între diversele aspecte ale drumului măsurat și factorii menționați mai sus, va trebui să se procedeze la :

- cercetarea rațiunilor acestei neconcordanțe;
- stabilirea diagnosticului precis al stării drumului efectuând măsurători complementare (ex. noi măsurători de deflexiuni, sondaje, analiza solului de fundație).

3.3.2.2. În cazul în care există concordanțe între diverse aspecte ale drumului măsurate și factorii menționați mai sus, valoarea deflexiunilor caracteristice de cuantificare, funcție de care se determină clasa  $C_j$  este dată în tabloul III.3.

Tabloul III.3

| Valoarea deflexiunii caracteristice $d_c$ | c-50 | 50-75 | 75-100 | 100-150 | 150-200 | 200-300 |
|---|------|-------|--------|---------|---------|---------|
|---|------|-------|--------|---------|---------|---------|

| $C_j$ | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

3.1.3. Indicele de comportare la îngheț al drumului vechi :  $Y_a$

Capacitatea vechiului drum de a rezista la efectele îngheț-dezghetului este cuantificată printr-un indice  $Y_a$  care este caracteristic ansamblului " drumul vechi+sol de fundație" respectiv a complexului rutier.

Acest indice se determină pentru fiecare secțiune omogenă luându-se în considerare proprietățile constituanților vechiului drum vis-a-vis de efectele înghețului cât și observațiile realizate ca urmare iernilor trecute.

3.1.4. Alegerea iernii de referință:  $I_R$

De regulă iarna de referință se caracterizează prin

./.

indicele de îngheț exprimat în  $^{\circ}\text{C} \times \text{zile}$ . Se definesc două ierni de referință:

- excepționale ( de regulă cu periodicitate de 20-30 ani)
- riguroase ( de regulă cu periodicitate de 10 ani)

În tabelul III.4 sînt redată cîteva informații statistice permițînd evaluarea indicilor de îngheț a acestor ierni de referință.

Cifrele respective sînt relative, ele trebuie corectate de fiecare dată la condițiile proprii locale ale traficului respectiv.

Tabelul III.4  
Indici de îngheț de referință

- ierni excepționale
- ierni riguroase (în  $^{\circ}\text{C} \times \text{zile}$  )

| Stația meteorologică | Ierni excepționale | Ierni riguroase |
|----------------------|--------------------|-----------------|
| Vichy                | 230                | 125             |
| Nisa                 | 0                  | 0               |
| Caon                 | 115                | 65              |
| Ajaccio              | 0                  | 0               |
| Dijon                | 200                | 200             |
| Nantes               | 75                 | 35              |
| Orleans              | 120                | 45              |
| Angers               | 100                | 45              |
| Reims                | 230                | 95              |
| Nancy                | 320                | 135             |
| Metz                 | 290                | 130             |
| Lille                | 250                | 85              |
| Strasbourg           | 405                | 180             |
| Lyon                 | 220                | 135             |
| Le Mans              | 120                | 60              |

### 3.1.5. Dimensionarea ranforsării.

3.1.5.1. Dimensionarea ranforsării înainte de luarea în seamă a înghețului.

Cunoscînd traficul și deflexiunile, în tabelele III.5 și III.6 sînt redată grosimile medii în cm ale straturilor de ranforsare.

În tabelul III.5 dimensionarea ranforsării are în vedere folosirea în straturile de bază a materialelor pietroase gra-

nulare stabilizate cu zgură, cu ciment, cu cenuși de termocentrală sau puzolană și var.

În tabelul III.6 ranforsarea prevede utilizarea amestecurilor asfaltice de tipul anrobatelor bituminoase și a betonului asfaltic pentru stratul de rulare.



Tabelul III.5

Ranforsarea cu straturi din material granular stabilizate cu lianți de tip hidraulic și betoane asfaltice  
( fără luarea în considerare a înghețului )  
- cm -

| $T_j$ | $C_j$ | $C_1$ | $C_2$              | $C_3$             | $C_4$             | $C_5$                | $C_6$                 |
|-------|-------|-------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| $T_0$ |       |       | 25 B.st<br>2x7 B.a | 25 B.st<br>2x7 Ba | 28 B.st<br>2x7 Ba | 28 B.st(1)<br>2x7 Ba | 28 B.st.(1)<br>2x7 Ba |
| $T_1$ |       |       | 25 Bst<br>8 Ba     | 25 Bst<br>8 Ba    | 25 Bst<br>8 Ba    | 25 Bst (1)<br>8 Ba   |                       |
| $T_2$ |       | ( 2 ) |                    | 25 Bst<br>6 Ba    | 25 Bst<br>6 Ba    | 25 Bst<br>6 Ba       |                       |
| $T_3$ |       |       |                    |                   | 22 Bst<br>6 Ba    | 25 Bst<br>6 Ba       |                       |

1 - cazuri rare ce necesită studii particulare

2 - a se vedea tabelul următor

B.st - beton stabilizat

B.a - beton asfaltic

Tabelul III.6

Ranforsarea cu straturi bituminoase de bază și betoane asfaltice  
(fără luarea în considerație a înghețului )

| $C_j$ | $C_2$ | $C_3$  | $C_4$  | $C_5$   | $C_6$   |                |
|-------|-------|--|--|---|---|----------------|
| $T_1$ | $C_1$ | $e_1$ $e_2$ $e_3$                            | $e_1$ $e_2$ $e_3$                            | $e_1$ $e_2$ $e_3$                               | $e_1$ $e_2$ $e_3$                               |                |
| $T_1$ |       | $\frac{15}{8}$ $\frac{12}{8}$ $\frac{12}{8}$ | $\frac{18}{8}$ $\frac{15}{8}$ $\frac{12}{8}$ | $\frac{18(4)}{8}$ $\frac{18}{8}$ $\frac{15}{8}$ | $\frac{18(1)}{6}$ $\frac{18}{6}$ $\frac{15}{8}$ | (1)            |
| $T_1$ |       | $\frac{-}{2 \times 7}$                       | 15<br>sau<br>2x7                             | $\frac{18}{8}$ $\frac{15}{8}$ $\frac{12}{8}$    | $\frac{18}{8}$ $\frac{15}{8}$ $\frac{12}{8}$    | $\frac{18}{8}$ |
| $T_2$ | (3)   |  | $\frac{-}{10}$                               | $\frac{15}{6}$ $\frac{12+6}{6}$<br>sau<br>2x7   | $\frac{18}{6}$ $\frac{15}{6}$ $\frac{12}{6}$    | $\frac{18}{6}$ |
| $T_3$ |       |  |  | $\frac{-}{10}$                                  | $\frac{15}{FS}$ $\frac{12}{FS}$ $\frac{12}{FS}$ | $\frac{12}{6}$ |

1. Cazuri rare ce necesită studii particulare

2.  $e_1, e_2, e_3$  grosimi ale straturilor de rulare ale drumului vechi

$e_1 < 5$  cm (tratament bituminos sau anrobat)

$5 \text{ cm} < e_2 < 10$  cm anrobat

$e_3 > 10$  cm anrobat

In cazul  $e_2$  și  $e_3$  dacă anrobatele sînt foarte falanțate se va reduce cu o clasă grosimea reală constatată.

3. În acest caz, ranforsarea nu este necesară.

Totuși, dacă se impune reînnoirea stratului de rulare (de ex, din rațiuni de siguranța circulației) soluția ce se va adopta va fi în funcție de intensitatea traficului.

4. Se poate înlocui cu 20 cm strat de bază și 8 cm beton asfaltic.

### 3.1.5.2. Verificarea la îngheț-dezgeț a ranforsării.

Verificarea constă, pentru o structură de ranforsare R dată în a compara înghețul transmis la baza ranforsării cu înghețul admisibil la suprafața vechiului drum.

Înghețul transmis la baza ranforsării este exprimat printr-un indice  $Y_t$ , denumit "indice de ranforsare". El este în funcție de ranforsarea respectivă R și de indicele de îngheț de referință IR ( tabelul III.4 ) la care este supus. Acest indice  $Y_t$  se determină cu ajutorul abacei Nr.1 prin citirea valorii ce leagă punctele R și IR.

Înghețul admisibil la nivelul vechiului drum este exprimat printr-un alt indice ,  $Y_a$ , denumit " indicele vechiului drum". Acesta caracterizează comportamentul termic al ansamblului "drumul vechi + pământul de fundație " și se determină potrivit celor menționate la pct.3.3.3.

Comparația celor doi indici poate conduce la următoarele cazuri:

- dacă  $Y_t$  este inferior lui  $Y_a$  - soluția de ranforsare R este acceptată;

- dacă  $Y_t$  este superior lui  $Y_a$ , straturile gelive sînt atinse.

Se alege, dacă este posibil, o soluție cu straturi mai groase.

În caz contrar, se determină un indice de îngheț de alertă  $I_A$  care va fi atunci inferior lui IR.

### 3.5.5.3. Alegerea soluției de ranforsare.

Compararea lui  $Y_t$  cu  $Y_a$  poate conduce la următoarele cazuri:

a)  $Y_t < Y_a$  - așa cum s-a arătat soluția de ranforsare R este reținută

b)  $Y_a < Y_t < Y_a + 2,5$  soluția R' reținută este dată în tabelele III.7 și III.8. Această nouă soluție nu asigură întotdeauna protecția termică a straturilor gelive. Ea este totuși suficientă pentru a suporta fără oboseală excesivă solicitările impuse ranforsării în perioada de dezgeț.

c)  $Y_t > Y_a + 2,5$  - Soluția  $R'$  dată prin tabelele menționate nu este suficientă.

În acest caz există două posibilități și anume:

- Se reține o soluție cu grosime mai mare  $R''$  dacă ea există în tabelul III.7 sau în tabelul III.8. Se calculează indicele de alertă IA, la care poate eventual atinge sau depăși IP (verificarea la îngheț este atunci pozitivă).

- Se reține  $R'$  și se determină un indice de alertă  $IA < IR$ .

#### 3.1.5.4. Determinarea indicelui de alertă IA

Indicele de alertă IA este indicele de îngheț atmosferic de la care drumul ranforsat este susceptibil de a fi insuficient și necesită precauțiuni în momentul dezghețului (valoarea IA poate fi inferioară sau superioară indicelui de referință IR).

Indicele de alertă se determină de maniera următoare (abaca 2)

- dacă soluția de ranforsare R este reținută se citește IA pe scara I a abacei unind  $Y_a$  cu R;

- dacă soluția  $R'$  este reținută se citește IA pe scara I a abacei unind  $Y_a + 2,5$  cu  $R'$  sau  $R''$ .

#### 3.1.6. Utilizarea abacei nr.1

##### 3.1.6.1. Definiția scărilor abacei.

Scara R materializează diverse grosimi pentru ranforsare  
6-14 cm pentru straturi de rulare  
12-32 cm pentru ranforsări cu mixturi din anrobate bituminoase+beton asfaltic  
22+6 - 28+2 x 7 cm pentru ranforsări cu straturi stabilizate hidraulic și betoane asfaltice.

Scara I Materializează indicele de îngheț  
IR - indice de iarnă de referință ales  
sau IA - indice de îngheț de alertă

Scara Y Materializează indicii :  
Yt - indice de ranforsare sau  
Ya - indicele drumului vechi

#### 3.1.62. Utilizarea abacei nr.2

Se utilizează pentru două cazuri:

- Determinarea lui Yt ; Yt este citit pe scara Y la intersecția acestei scări cu dreapta ce unește punctele figurate de R și de IR.

BB

GB - BB

6

8

10

14

20

26

25

25

28

28

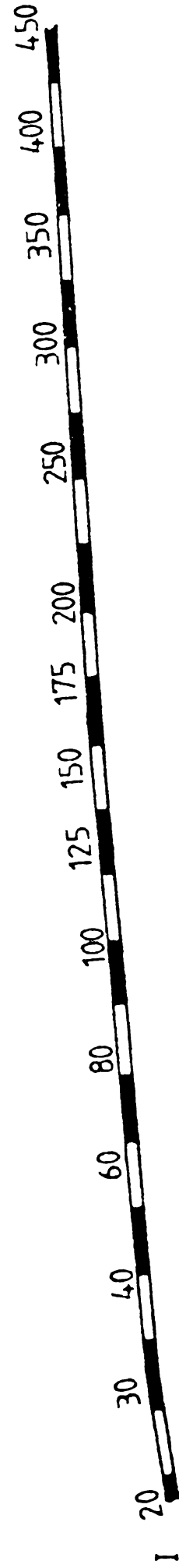
25+2x7

28+10

28+2x7

# ABACA Nr 1

DETERMINAREA INDICELUI Yt AL  
RANFORSARII SI A CELUI DE  
ALERTA Ia



2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

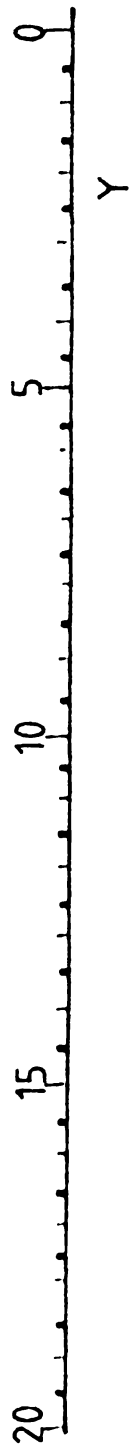
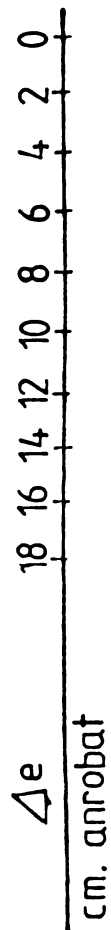
12

13

14

## ABACA Nr 2

Dreapta care leagă indicele de îngheț al iernii studiate (I) cu creșterea totală a grosimii anrobate ( $\Delta e$ ) la suprafața drumului vechi începînd cu această iarnă determină  $y$  pe scara  $y$ .



-Determinarea lui IA ; IA este citit pe scara I a intersecției acestei scări cu dreapta unind punctele:

- R și Ya dacă soluția reținută este mai puțin groasă ca cea care figurează în tabloul III.7 sau III.8.

- R' ( sau R'' citite pe scara R ) și Ya+2,5 dacă soluția reținută este mai puțin groasă ca cea figurată în tablourile III.7 sau III.8.

Tabelul nr.III.7

Ranforsarea cu straturi stabilizate cu lianți hidraulici și strat de uzură din betoane asfaltice

( în cadrul verificării la îngheț-dezghet )

|    |    | Soluția R'              |                         |                         |                         |                         | - cm -          |  |
|----|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|--|
|    | Cj | C1                      | C2                      | C3                      | C4                      | C5                      | C6              |  |
| Ti |    |                         |                         |                         |                         |                         |                 |  |
| To |    | $\frac{25}{2 \times 7}$ | $\frac{25}{2 \times 7}$ | $\frac{25}{2 \times 7}$ | $\frac{28}{2 \times 7}$ | $\frac{28}{2 \times 7}$ |                 |  |
| T1 |    | $\frac{25}{8}$          | $\frac{25}{8}$          | $\frac{28}{8}$          | $\frac{28}{8}$          | $\frac{28}{10}$         | $\frac{28}{10}$ |  |
| T2 |    | $\frac{25}{6}$          | $\frac{25}{6}$          | $\frac{28}{6}$          | $\frac{28}{6}$          | $\frac{28}{6}$          | $\frac{28}{6}$  |  |
| T3 |    | $\frac{25}{6}$          | $\frac{25}{6}$          | $\frac{25}{6}$          | $\frac{28}{6}$          | $\frac{28}{6}$          | $\frac{28}{6}$  |  |

Tabelul III.8

Ranforsarea cu straturi din anrobate bituminoase și strat de uzură din beton asfaltic

( în cadrul verificării la îngheț-dezghet )

- cm -

| Ti | Cj | C1             |                |                | C2              |                |                | C3              |                 |                | C4             |                 |                 | C5             |                 |                 |
|----|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|    |    | o <sub>1</sub> | o <sub>2</sub> | o <sub>3</sub> | o <sub>1</sub>  | o <sub>2</sub> | o <sub>3</sub> | o <sub>1</sub>  | o <sub>2</sub>  | o <sub>3</sub> | o <sub>1</sub> | o <sub>2</sub>  | o <sub>3</sub>  | o <sub>1</sub> | o <sub>2</sub>  | o <sub>3</sub>  |
| To |    | $\frac{18}{8}$ | $\frac{18}{8}$ | $\frac{15}{8}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{18}{8}$ | $\frac{15}{8}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{18}{8}$ | $\frac{12}{8}$ | $\frac{12}{8}$  | $\frac{18}{10}$ | $\frac{12}{8}$ | $\frac{8}{8}$   |                 |
| T1 |    | $\frac{18}{8}$ | $\frac{15}{8}$ | $\frac{15}{8}$ | $\frac{18}{8}$  | $\frac{15}{8}$ | $\frac{15}{8}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{15}{8}$ | $\frac{12}{8}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{18}{8}$  | $\frac{12}{8}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{18}{10}$ |
| T2 |    | $\frac{15}{6}$ | $\frac{15}{6}$ | $\frac{15}{6}$ | $\frac{18}{6}$  | $\frac{15}{6}$ | $\frac{15}{6}$ | $\frac{18}{6}$  | $\frac{15}{6}$  | $\frac{15}{6}$ | $\frac{18}{6}$ | $\frac{18}{6}$  | $\frac{15}{6}$  | $\frac{18}{6}$ | $\frac{18}{6}$  | $\frac{18}{6}$  |
| T3 |    | $\frac{12}{6}$ | $\frac{12}{6}$ | $\frac{12}{6}$ | $\frac{12}{6}$  | $\frac{12}{6}$ | $\frac{12}{6}$ | $\frac{12}{6}$  | $\frac{12}{6}$  | $\frac{12}{6}$ | $\frac{12}{6}$ | $\frac{12}{6}$  | $\frac{12}{6}$  | $\frac{18}{6}$ | $\frac{15}{6}$  | $\frac{12}{6}$  |

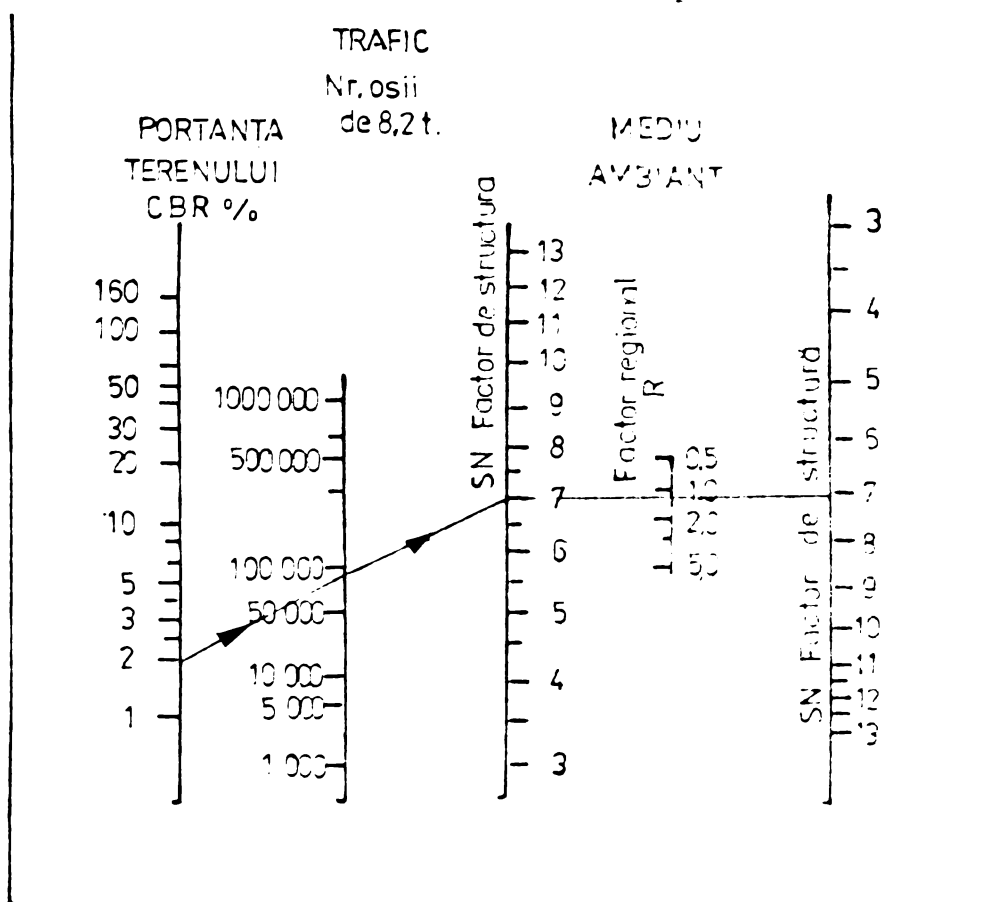
$\frac{18}{6}$  = Anrobat bituminos  
 Beton asfaltic

3.2. IN ELVEȚIA Dimensionarea și ranforsarea drumurilor cu trafic scăzut se bazează pe recomandările AASHO. [22,23]

Plecînd de la aceste recomandări diagramele corespunzătoare au fost adaptate condițiilor drumurilor cu trafic scăzut din Elveția și controlate începînd cu opt ani în urmă, s-a adevărit că diagramele modificate dau valori bune, controlabile pentru practică.

### 3.2.1. Dimensionarea suprastructurii

Diagrama de dimensionare, utilizată de asemenea pentru determinarea ranforsării este reprezentată în figura III.1



Grosimea necesară a suprastructurii de curge din formula cunoscută:

$$\bar{S}N = \sum a_1 \cdot D_1 \quad [III.4]$$

În ce privesc parametrii de dimensionare cum sînt portanța terenului și a infrastructurii, traficul, factorul regional și coeficienții de portanță sînt menționați în

Fig.III.1

NOMOGRAMA DE DIMENSIONARE

pentru indice de viabilitate  $P=1.5$

cele ce urmează:

### 3.2.2. Portanța terenului și a infrastructurii

Nomograma fig.III.1 se bazează pe coeficientul CBR pentru un teren saturat de apă. Pentru soluri cu pămînturi cu granulație fină și coezivă de slabă portanță (coeficient CBR inferior lui 10%) se efectuează măsurători cu ajutorul unui penetrometru portativ. Pentru soluri cu granulație grosieră de o f.mare portanță, coeficientul CBR nu este necesar a fi determinat cu grad mare de exactitate. Pentru aceste soluri, portanța se evaluează în general după clasificarea USCS și eventual determinată pe teren sau în laboratoarele de încercări cu instrumente CBR.

./.

### 3.2.3. Traficul

Traficul este evaluat după punerea în funcțiune a drumului și este exprimat în nr. de osii de 8,2 tone ca trafic zilnic mediu sau ca trafic global pentru o oarecare perioadă.

O durată de dimensionare de 30-40 ani pare convenabilă pentru drumuri cu trafic scăzut.

Importanța medie a traficului după funcțiunile drumului și întinderea regiunii deservite se situează în următoarele limite aproximative.

| <u>Categoria drumului</u> | <u>Nr.sarcini osie de 8,2 t.</u> |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1. drumuri locale         | 100.000-150.000                  |
| 2. drumuri forestiere     | 10.000- 50.000                   |
| 3. drumuri rurale         | 10.000- 25.000                   |

### 3.2.4. Factor regional

Determinarea exactă a factorului regional care influențează portanța, cere un volum mare de lucru și nu este esențial pentru lucrările practice. După diferite încercări se recomandă următorii factori regionali:

|  | <u>factor regional</u> |
|--|------------------------|
| - drumuri fără intervenții la deszăpeziri în timpul iernii | 1                      |
| -drumuri sub 700 m altitudine                              | 1,3                    |
| -drumuri peste 700 m altitudine                            | 1,5                    |
| -drumuri cu condiții hidrologice favorabile                | 1,5                    |
| -drumuri cu condiții hidrologice nefavorabile              | 2,0                    |

### 3.2.5. Coeficienții de portanță

Pentru materialele uzuale în Elveția sînt utilizați coeficienții de portanță, următorii:

|                                       | <u>Coeficienți de portanță</u> | <u>Grosimea minimală a stratului</u> |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| - covor subțire din mixtură asfaltică | 0,44 )                         | 7,0 cm                               |
| - strat suport bituminos              | (                              |                                      |
| a)cu agregate concasate               | 0,40 )                         |                                      |
| b)cu agregate de balastieră           | 0,34 (                         |                                      |



- straturi stabilizate cu  
ciment sau cu bitumuri  
sau alte produse

- |                            |        |       |
|----------------------------|--------|-------|
| a) cu malaxare în centrală | 0,20 ) | 15 cm |
| b) cu malaxare în situ     | 0,15 ( |       |
| c) stabilizări cu var      | 0,15 ) |       |
| d) pietriș concasat        | 0,14 ( | 20 cm |

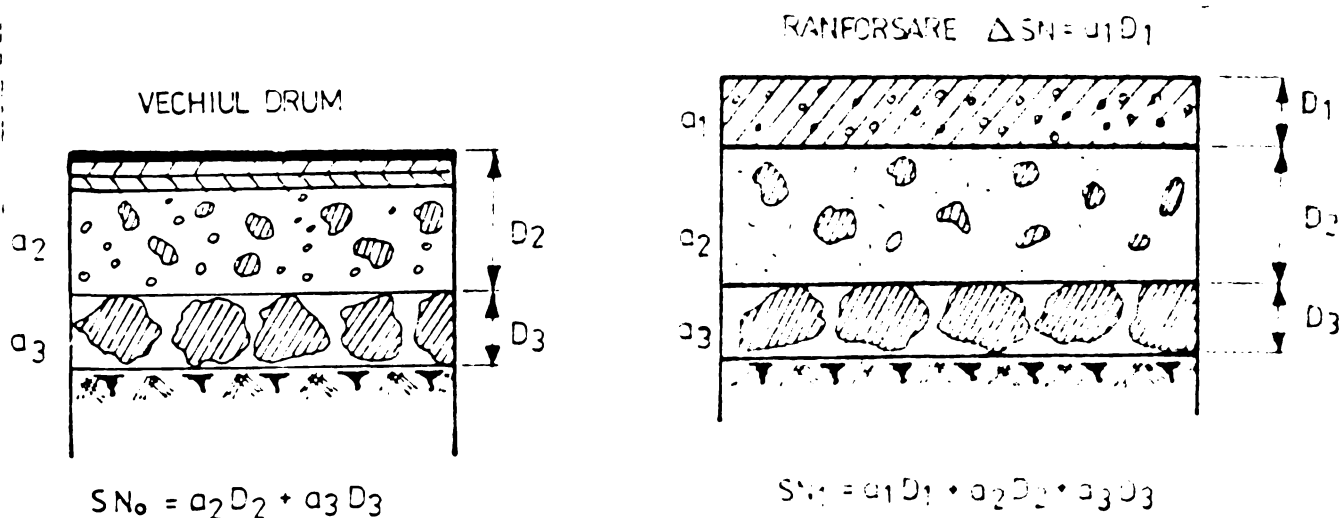
### 3.2.6. Determinarea ranforsării după AASHO

În timpul ranforsării după această metodă drumul de ranforsat este considerat ca o construcție nouă. Prin intermediul parametrilor de dimensionare cum sînt portanța terenului și a infrastructurii, traficul și factorul regional, drumul este dimensionat pentru o oarecare durată de exploatare. [23, 155]

Factorul de structură SN 1 de asemenea determinat, este acel al suprastructurii cerute. Se determină după aceea factorul de structură SNo al stratului existent.

Diferența între factorul de structură cerut și a celui al drumului existent SN1-SNo, dă factorul de structură SN a ranforsării ( fig.III.8). Coeficienții de portanță a materialelor straturilor existente nu sînt exact cunoscuți însă este posibil a fi utilizați, cu o precizie suficientă, aceeași coeficienți de portanță pe care o au materialele unui nou drum. Determinarea portanței infrastructurii, a grosimii straturilor existente ca și prelevarea eșantioanelor de sol sînt executate prin sondaje executate sistematic în lungul drumului. Făcînd suficiente sondaje este posibil să se interpreteze statistic valorile măsurate, medie, ecart tip, coeficient de variație).

Fig.III.2 Ranforsarea unui drum după AASHO



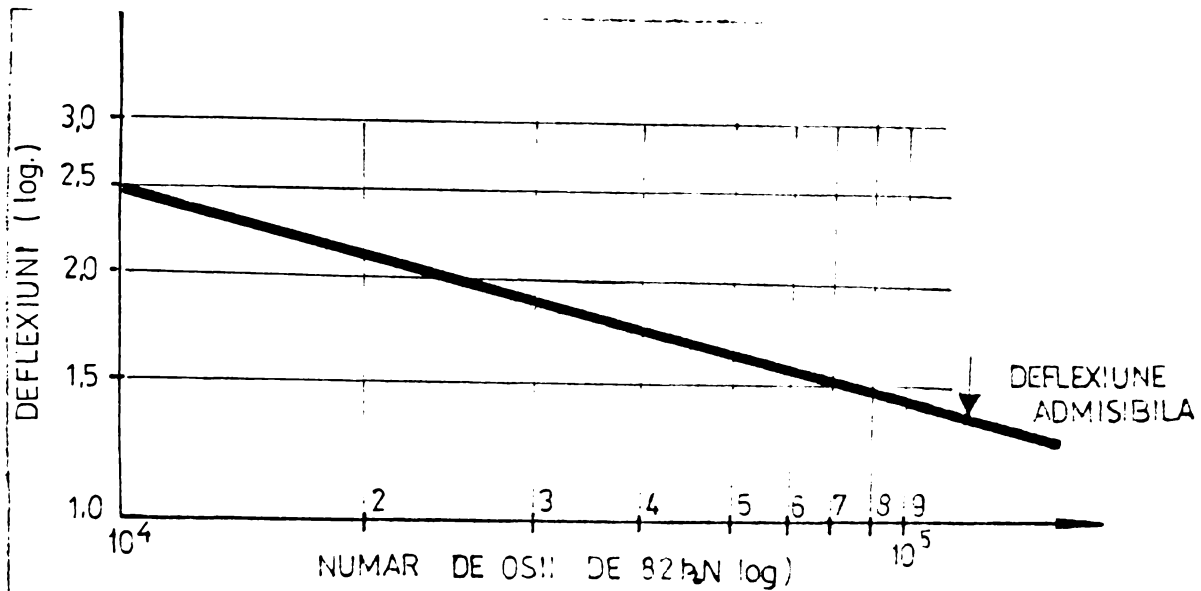
SNo = factorul de structură al drumului existent;  
SN1 = factorul de structură al suprastructurii cerute.

./.

### 3.2.7. Determinarea ranforsării după metoda deformației ( deflexiunii )

Incercarea AASHO a arătat că mărimea deflexiunii elastice este o măsură a portanței și a duratei de exploatare a unui drum fig III.3

Fig.III.3 Deflexiunea și numărul de osii de 8,2 kN



De acest grafic se poate deduce deflexiunea maximală admisibilă a unui drum dimensionat pentru un oarecare număr de sarcini pe osie. Dacă această deflexiune este larg depășită, durata de exploatare a drumului este considerabil redusă. [155]

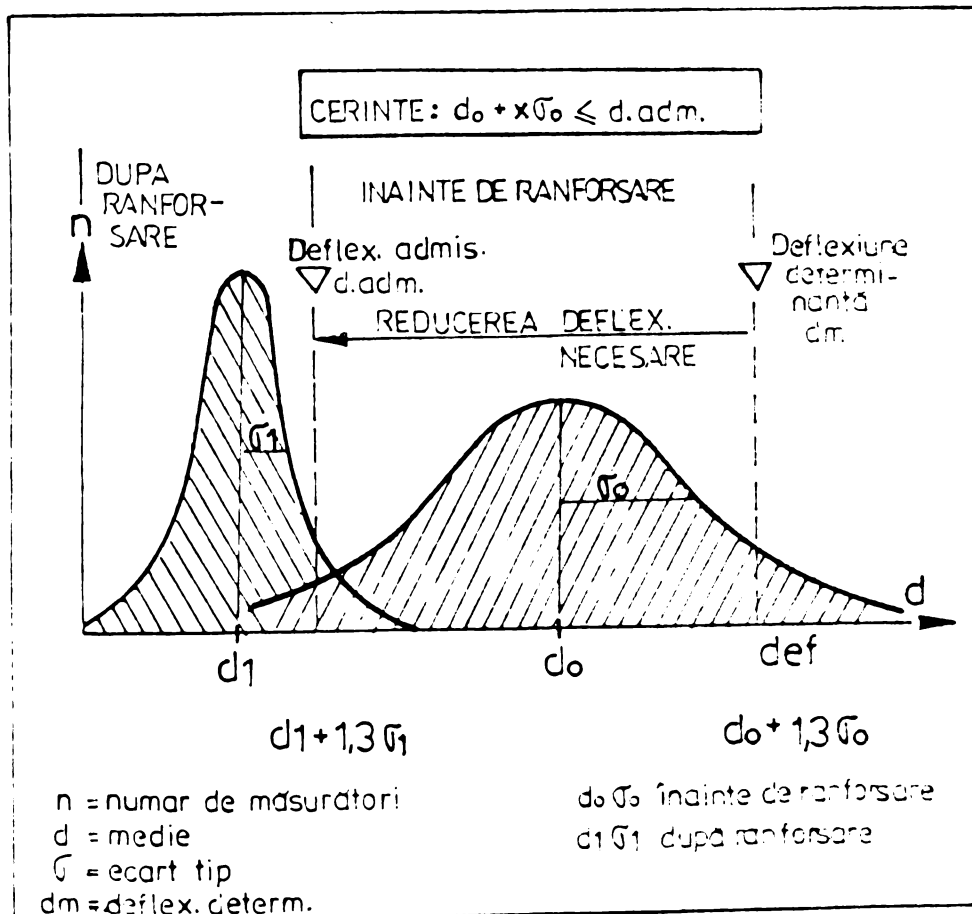


FIG. III.4  
RANFORSAREA UNUI DRUM  
PRIN METODA DEFORMAȚIEI

Măsurătorile de deflexiune pe drumurile existente sînt efectuate de o manieră sistematică (de ex. la fiecare 25 m) și alternativ pe cele două părți ale drumului.

Valorile măsurătorilor pe un tronson omogen relevă repartiția aproximativă normală și pot fi caracterizate prin medie, ecartul tip și coeficientul de variație [fig.III.4]

În continuare se analizează determinarea stratului care

permite reducerea deflexiunii existente (determinante) la valoarea admisibilă. Pentru aceasta există o diagramă în care deflexiunea

este indicată în funcție de factorul de structură SN și de portanța terenului. fig.III.5

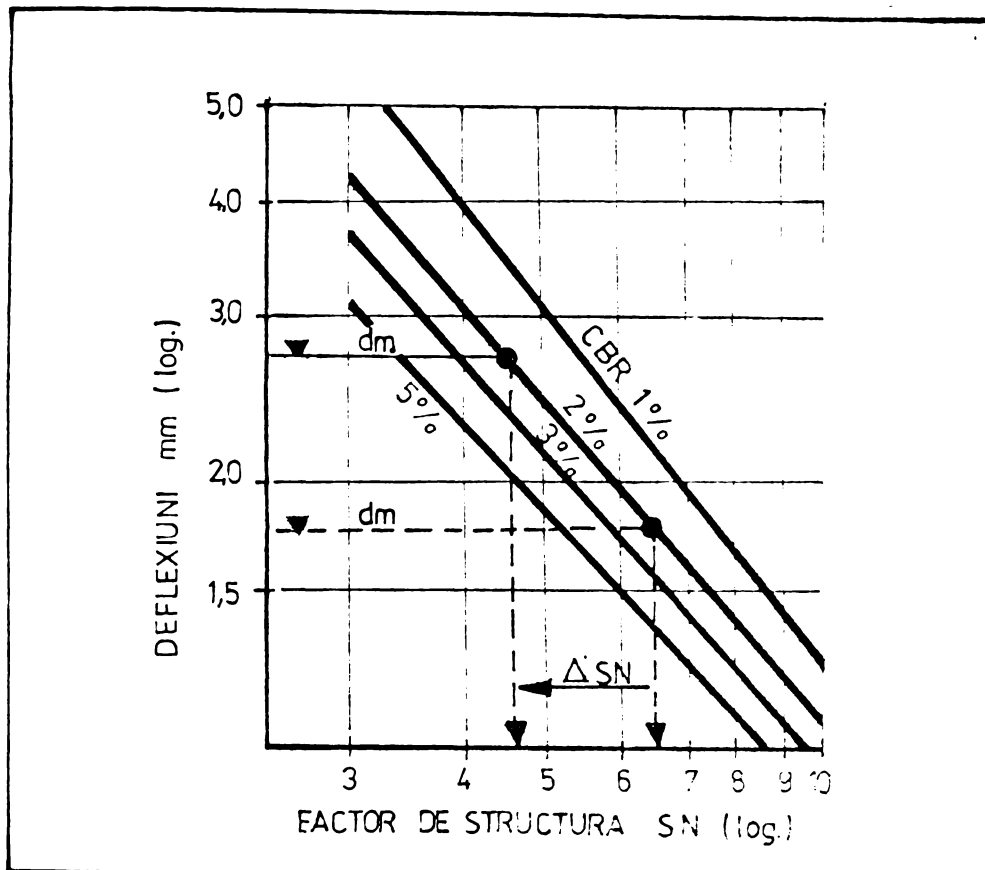


FIG. III.5

DETERMINAREA RANFORSĂRII  $\Delta SN$  DUPA METODA DEFORMĂȚII

Prin această diagramă, este posibil de a determina ranforsarea exprimată prin factorul de structură care scade deflexiunea existentă la valoarea admisibilă [22]

Grosimea stratului de ranforsare este aceea calculată cu relația :

$$\Delta SN = \sqrt[3]{a_r D_1} \quad \text{[III 4a]}$$

Pentru determinarea ranforsării după această metodă portanța drumului de ranforsat este caracterizată prin defle-

xiunea elastică, măsurată sub osiile duble de sarcină egală cu 50kN (masa pe osie = 10 t) cu ajutorul pîrghiei Benkelman.

Scopul acestei metode de deflexiune constă în determinarea grosimii stratului care va putea permite reducerea deflexiunii existente la valoarea admisibilă [fig.III.6]

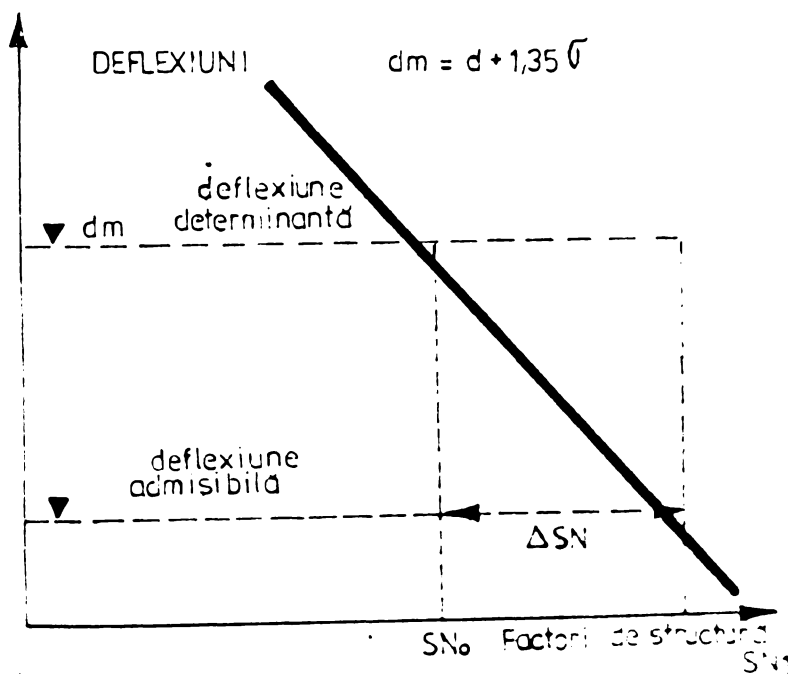


FIG. III.6

PRINCIPIUL DE RANFORSARE DUPA METODA DEFLEXIUNII

Din punct de vedere economic, nu este indicat ca dimensionarea ranforsării suprastructurii unui drum să se facă ținînd seama de punctul sau punctele de cea mai scăzută portanță, adică pe baza deflexiunilor celor mai mari. [22,23]

În cazul drumurilor cu trafic redus, se alege ca deflexiune determinantă  $d_n$  aceea care corespunde la limita de 90% ( $dm = d + 1,3\sqrt{d}$ ;  $d$ -deflexiune

medie,  $\delta$  - ecart tip ).

În ceea ce urmează sînt cuprinse trei puncte importante privind metoda deflexiunilor și anume:

- deflexiunea în funcție de factorul de structură și de portanța terenului ;
- deflexiuni admisibile în funcție de densitatea traficului;
- determinarea factorului de structură  $\Delta SN$  al ranforsării după metoda deflexiunii.

### 3.2.7.1. Deflexiunea în funcție de factorul de structură și de portanța terenului.

Datorită măsurărilor efectuate în Elveția la peste 100 km de drumuri, a fost posibilă stabilirea unei relații funcționale între deflexiunea determinantă  $d_m$  exprimată în 1/100 mm, factorul de structură SN și portanța terenului.

Această relație este definită în ecuația următoare:

$$d_m = 1580 \left[ (SN + 2,54) \cdot 10^{0,1647 \log.CBR - 0,0655} - 2,54 \right]^{-1,195} \quad [III.4b]$$

Ecuația de mai sus constituie elementul de bază pentru calculul deflexiunii admisibile și pentru determinarea ranforsării drumurilor existente. Figura III. 7 reprezintă grafic această ecuație pentru diferite valori ale portanței terenului. [23]

Această reprezentare poate fi comentată, după cum urmează:

- pentru un factor de structură dat, deflexiunea crește puternic dacă portanța terenului scade : ceea ce înseamnă că deflexiunea depinde puternic de portanța terenului;

- dacă portanța terenului și factorul de structură sînt mici, o creștere puțin importantă a factorului de structură provoacă o foarte mare reducere a deflexiunii. Din contră, această diminuare este mult mai modestă dacă portanța terenului și factorul de structură sînt mari. [74]

Astfel, de exemplu pentru o portanță a terenului de 0,5% CBR, o creștere a grosimii stratului de piatră de la 30 la 40 cm provoacă o reducere a deflexiunii în jur de 2,5 mm.

Din contră, pentru o portanță a terenului de 10% CBR deflexiunea nu este redusă decît cu 0,4 mm dacă grosimea stratului de piatră este adusă de la 40 la 50 cm.

### 3.2.7.2. Deflexiuni admisibile pentru drumuri cu trafic redus

Mărimea deflexiunii elastice este o măsură a duratei

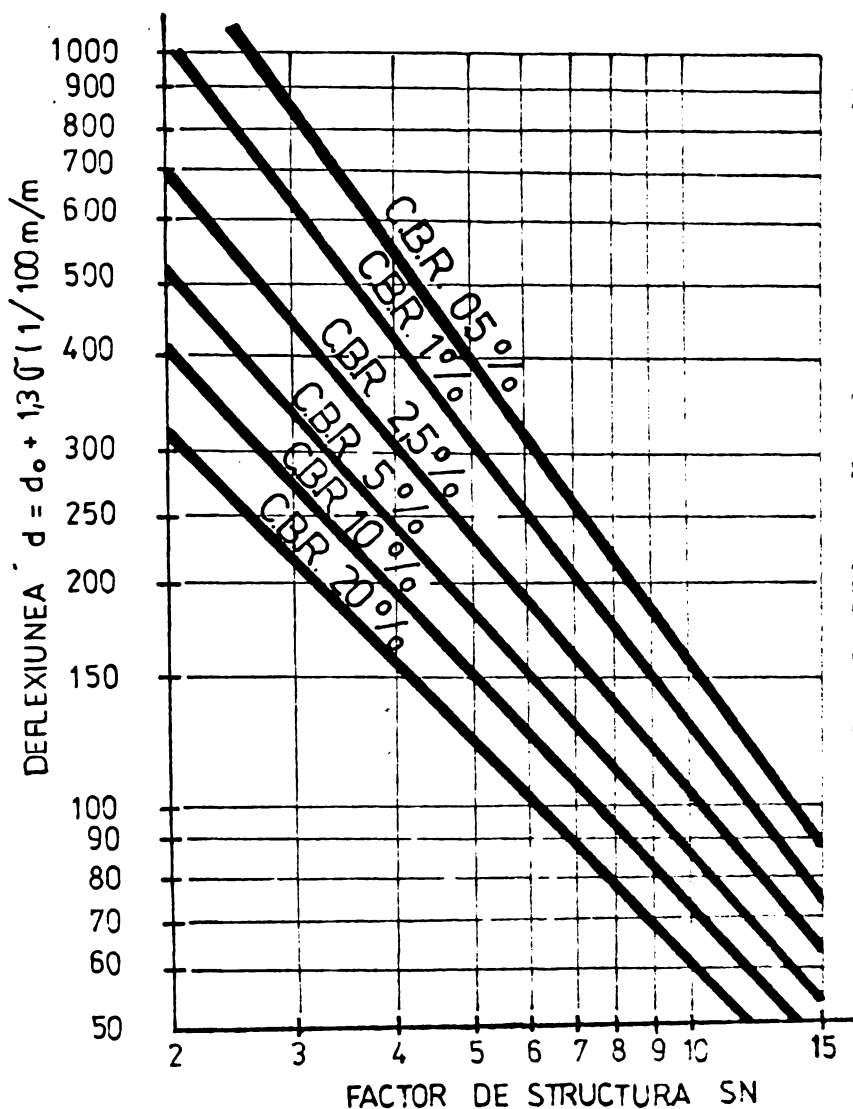


FIG. III.7  
DEFLEXIUNI SUB OSIA DE 100kN (deflexiuni determinate în funcție de factorul de structură și de portanța terenului)

de exploatare a unui drum. Pentru un anumit trafic de dimensionare rezultă o deflexiune maximă admisibilă.

O ecuație permițând determinarea deflexiunii admisibile în funcție de traficul și de factorul regional a fost stabilită introducându-se formula de dimensionare în ecuația deflexiunii determinante:

Această ecuație are forma următoare :

$$dz_{ul} = 1580 \left[ 2,67 (W.E.)^{0,1068} - 2,54 \right]^{-1,195} \quad [III.5]$$

Cu ajutorul acestei ecuații, este acum posibil de a determina deflexiunile admisibile pentru diferite tipuri de drumuri (tabelul III.9).

| Tabelul III.9   |                                   | 3.2.7.3. Determinarea factorului de structură SN al ranforsării după metoda deflexiunii. |
|---|-----------------------------------|--|
| Tipul de drum   | deflexiunea admisibilă (1/100 mm) |  |
| drumuri locale  | 130-160                           |  |
| drumuri principale  | 60-80                             |  |
| . . . Deflexiuni admisibile pentru diferite tipuri de drumuri |                                   | Ca și pentru metoda factorului de structură,   |

în metoda deflexiunii, ranforsarea necesară (SN) rezultă din diferența între factorul de structură al suprastructurii necesare (SN<sub>1</sub>) și cel al suprastructurii existente (SN<sub>0</sub>) deci:

$$SN = SN_1 - SN_0 \quad [III.6]$$

Factorul de structură al suprastructurii necesare dedus cu ajutorul formulei de dimensionare :

$$SN_1 = \frac{2,67 (W.E.)^{0,1068}}{10^{0,1047 \cdot \log CBR - 0,0655}} - 2,54 \quad [III.7]$$

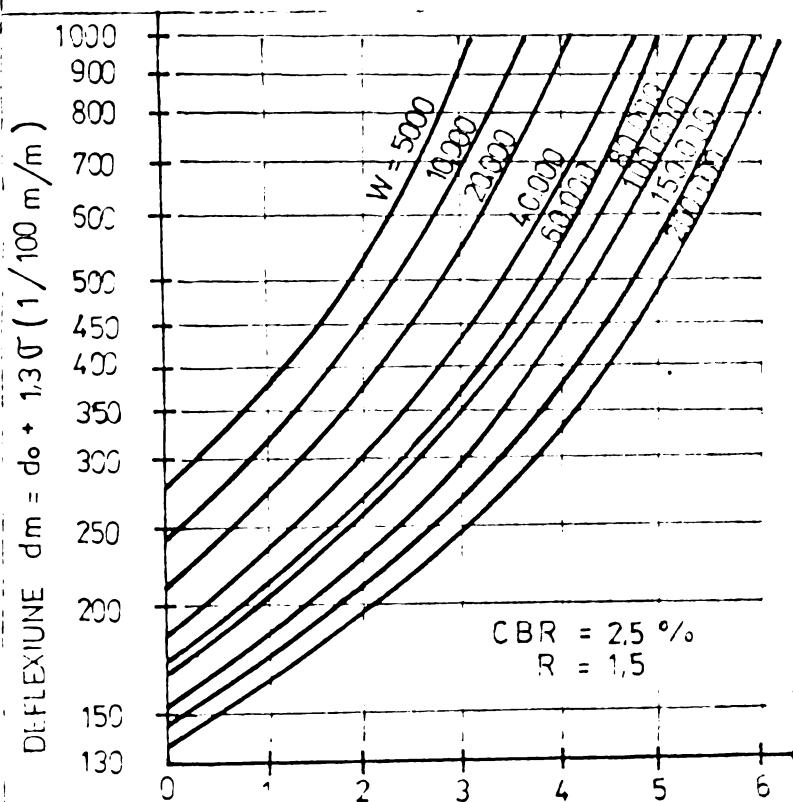
Factorul de structură  $SN_0$  a suprastructurii existente este determinat în funcție de deflexiunea și de portanța terenului cu ecuația următoare:

$$SN_0 = \frac{474.94 \cdot dm^{-0,8368} + 2,54}{10^{0,1647 \cdot \log.CER - 0,0655}} - 2,54 \quad [III.8]$$

Procedînd la calculul diferenței acestor ecuații se obține formula de determinare a factorului de structură  $\Delta SN$  de ranforsare necesară:

$$\Delta SN = \frac{2.67(W.R.)^{0,1068} \cdot 474.94 \cdot dm^{-0,8368} - 2,54}{10^{0,1647 \cdot \log.CER - 0,0655}} \quad [III.9]$$

Această ecuație permite calculul factorului de structură  $\Delta SN$  de ranforsare în funcție de deflexiunea determinantă  $dm$  (1/100 mm), de traficul total  $W$ , de factorul regional  $R$  și de portanța terenului  $CER\%$ . Această formulă de ranforsare poate fi de asemenea reprezentată sub formă de diagramă:



VALORI DE CORECTIE PENTRU  $R \neq 1,5$

|                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| $R = 1,0$          | $R = 2,0$          |
| $\Delta SN = 0,40$ | $\Delta SN = 0,30$ |

### 3.2.8. Exemple de ranforsare a suprastructurii

#### 3.2.8.1. Metoda factorului de structură

Portanța terenului  $CER = 2,5\%$

Trafic  $W = 100.000$  osii de 8,2 tone

Factor regional

(altitudine mai

mare de 800 m)  $R = 2,0$

Cu ajutorul formulei sau a nomogramei de dimensionare se obține cu parametrii indicați factorul de structură următor pentru suprastructura necesară drumului.

$$SN_1 = 7,3$$

Factorul de structură al suprastructurii existente 5 cm material pietros penetrat cu bitum

./.

- la suprafața sportă și la ca. pietrușii.

rezultă  $SN_0 = a_1, D_1 = 0,11, 4_0 = 4,4$

Factorul de structură SN de ranforsare va fi  $SN_1 - SN_0 = 2,9$

### 3.2.8.2. Metoda deflexiunii

Din ecuația deflexiunii admisibile se obține pentru un trafic  $W=100.000$  și pentru un factor regional  $k=2$  deflexiunea admisibilă  $d_{zul} = 150$  (1/100 m/m). Măsurătorile deflexiunii cu pirghia Benkelman pe drumul existent au dat următoarele rezultate:

-deflexiunea medie  $d=180$ , 1/100 m/m; ecartul tip  $\int = 56$  1/100 m/m  
coefic. de variație  $CV = 0,30$  deflexiunea determinantă  $d=1,3\int - 261$  1/100 m/m.

Ranforsarea necesară se va determina cu formula de ranforsare sau cu diagrama fig. III.8 pentru un coeficient  $SNR = 2,5$ .

Rezultă factorul de structură suplimentar  $\Delta SN = 2,8$  față de  $\Delta SN = 2,9$  prin metoda descrisă anterior.

### 3.4.8.3. Variante de ranforsare.

| Varianta                    | I    | II   | Coeficient de<br>portanță | In final s-a adop-<br>tat varianta I cu<br>9 cm grosime.  |
|-----------------------------|------|------|---------------------------|---|
| îmbrăcăminte<br>bituminoasă | 9 cm | -    | 0,3                       | Pentru controlul<br>ranforsării realizate,<br>au fost executate măs-<br>urări de deflexiuni după 2 ani de exploatare a căror rezultate<br>(deflexiuni) au confirmat calculul inițial; deflexiunile au<br>fost reduse așa cum se prezintă în tabelul III.10. |
| îmbrăcăminte<br>bituminoasă | -    | 7 cm | 0,4                       |   |
| SN                          | 2,7  | 2,7  |                           |   |

Măsurători la deflexiunea

Tabelul III, 10

| Măsurători<br>dată de :               | la deflexiunea<br>medie<br>(1/100 mm) | ecart.<br>tip<br>(1/100 mm) | deflexi-<br>nea deter-<br>minantă<br>$d+1,3$<br>(1/100 mm) | Coeficient<br>de<br>variația |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|
| 10.6.1975<br>înainte de<br>ranforsare | 180                                   | 56                          | 261  | 0,30                         |
| 4.10.1977<br>după<br>ranforsare       | 89                                    | 23                          | 119  | 0,26                         |

### 3.2.9. Procedura de a proceda pentru determinarea ranforsării

Se efectuează mai întâi măsurătorile de deflexiuni pe drumul supus ranforsării. Rezultatele acestor măsurători sînt apoi reprezentate grafic. Această reprezentare este foarte bine dacă tot drumul are o portanță omogenă sau dacă trebuie să fie divizat în mai multe tronsoane de aceeași portanță. Se calculează pentru un tronson omogen măsurătorile statistice ca de exemplu media, ecartul tip și coeficientul de variație și se determină ranforsarea după metoda deformației. In final se determină cu ajutorul

sondajelor portanța terenului sau a infrastructurii și factorul de structură al suprastructurii existente precum și ranforsarea necesară, după metoda AASHO.

Combinarea celor două metode și-a dovedit calitățile și a furnizat în toate cazurile date comparabile și variabile.

### 3.2.10. Concluzii

Dimensionarea ranforsării drumurilor cu trafic redus și cu suprastructură suplă este deci posibil de fundamentat științific și posibil de aplicat în practică.

Aceste metode permit determinarea, ținând seama de principalii parametri de dimensionare cum sînt portanța terenului, traficul, mediu ambiant și materialele de construcții- mai multe variante de suprastructuri echivalente din punct de vedere al portanței ca și al duratei de exploatare.

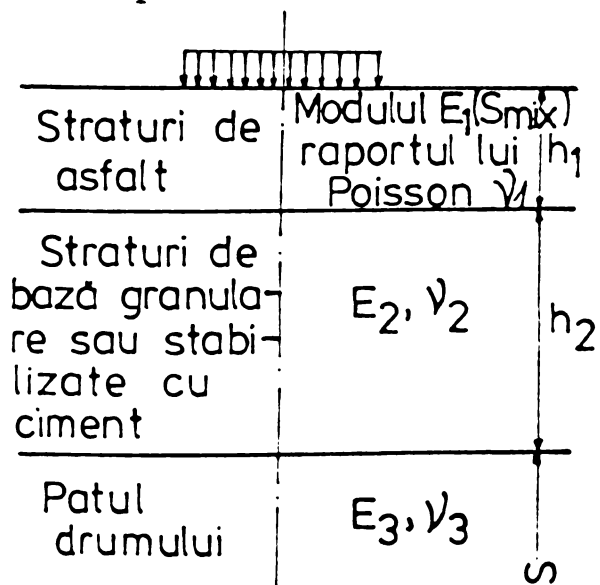
Principalii parametri de dimensionare pot fi ușor determinați pe măsurători simple și facil de aplicat.

Formulele de determinare a factorilor de structură par a fi complicate de aplicat însă utilizarea diagramelor sau a micilor calculatoare electronice devin accesibile practicienilor.

### 3.3. IN OLANDA-dimensionarea ranforsării drumurilor se realizează folosind metoda Schell [32]

Principiile acestei metode constau în următoarele:

Structura sistemului rutier e reprezentată de un sistem elastic liniar multistrat în care materialele sînt omogene și izotrope și sînt caracterizate de modulul lui Joung al elasticității ( $E$ ) și raportul lui Poisson ( $\nu$ ). În cele mai multe cazuri structura poate fi socotită ca un sistem de trei straturi ( fig. III.9



constînd dintr-un strat superior de legătură ( $E_1, \nu_1, h_1$ ) un strat granular sau un strat de bază stabilizat cu ciment ( $E_2, \nu_2, h_2$ ) și patul drumului ( $E_3, \nu_3, h_3$ , grosime infinită).

Pentru simplificarea sistemului, valorile fixate sînt acceptate pentru raportul lui Poisson pentru toate straturile.

FIG III 9 REPREZENTAREA SCHEMATICĂ A STRUCTURII SISTEMULUI RUTIER SUB O ÎNCĂRCĂTURĂ DE TESTARE

Încărcătura etalon e presupusă a fi distribuită uniform



peste una sau mai multe suprafețe circulare.

Reacția sistemului rutier la încărcătura etalon e caracterizată prin deflexiunea maximă și forma discului de deflexiune.

Ultimul parametru e caracterizat prin raportul  $Q_r$  al deflexiunii la o distanță  $r$  de la încărcătură ( $J_r$ ) la deflexiunea sub centrul sarcinii etalon  $do$ . Raportul  $Q_r$  a fost ales în locul razei de curbură deoarece  $Q_r$  poate fi măsurat mai ușor cu echipamentul existent și prevede determinarea echivalentă. Distanța  $r$  poate fi fixată în funcție de tipul structurii și se presupune de asemenea că  $Q_r$  e aproximativ 0,5.

Folosind programul BISAR au fost realizate grafice care dau relația între  $E_1$ ,  $J_c$ ,  $Q_r$  și  $h_1$  pentru valorile determinate anticipat ale lui  $E_2$ ,  $h_2$ ,  $E_3$  și  $r$  pentru o forță etalon dată.

Din astfel de grafice cu  $h_1$  și  $Q_r$  măsurate, pot fi determinați doi parametri necunoscuți ai structurii sistemului rutier dacă celelalte variabile sînt cunoscute sau apreciate.

### 3.3.1. Straturi de bază granulare

Modulul straturilor de bază granulare e dependent de grosimea totală ( $h_2$ ) și de modulul patului drumului ( $E_3$ ) potrivit relației :

$$E_2 = K \cdot E_3 \quad [III.11]$$

unde  $K = [0,206 \times h_2]^{0,45}$  cu limitele  $2 < K < 4$  și  $h_2$  în mm

Cu această relație fixată între  $E_2$  și  $E_3$ , graficele de interpretare au nevoie să fie prezentate numai pentru o singură valoare  $E_3$ , deoarece proprietățile structurii sistemului rutier pentru alți moduli ai patului drumului pot fi derivați printr-un procedeu de schimbare simplă.

Raportul lui Poisson a fost luat  $\nu = 0,35$  pentru toate straturile. Un exemplu de grafic de interpretare a arătat în fig. III.10.

### 3.3.2. Procedeu de evaluare a îmbrăcămintei bituminoase vechi

Procedura de testare.

De regulă măsurătorile de deflexiuni pe diferite lungimi ale sistemului rutier vor prezenta mai multe sau mai puține variații ale valorilor obținute și ale căror cauze depind de variațiile proprietăților patului drumului, proprietăților materialelor și grosimea diferitelor straturi, inexactității măsurătorilor de deflexiuni precum și temperaturii îmbrăcămintei bituminoase în momentul măsurătorilor. [31,47]

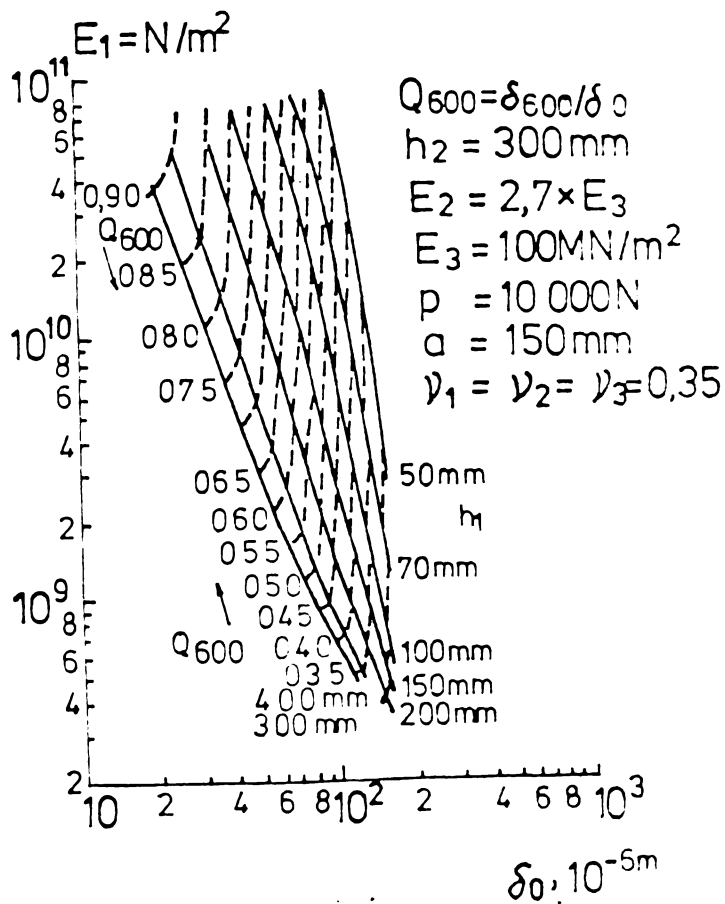


FIG. III 10 GRAFICUL DE INTERPRETARE A DEFLEXIUNII - METODA SCHELL

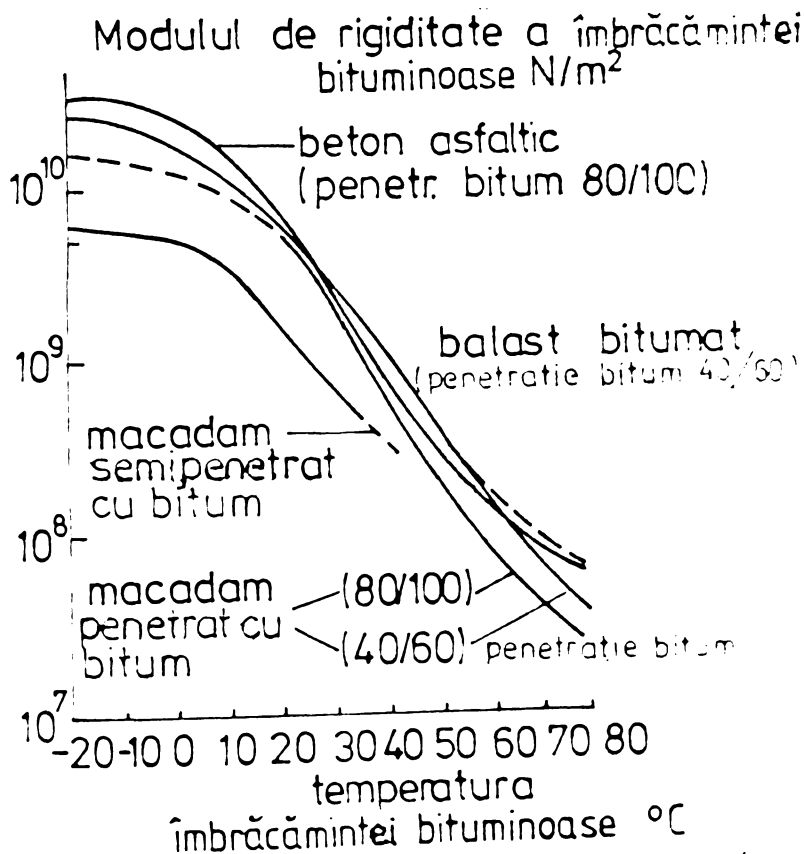


FIG. III 11 MODULII DE RIGIDITATE AI DIFERITELOR MIXTURI ASFALTICE ÎN FUNCȚIE DE TEMPERATURĂ PENTRU CONDIȚIILE ÎNCĂRCĂTURII DEFLECTOMETRULUI

Coeficientul de variație a măsurătorilor atinge valori de 5-30%.

Uneori la sistemele rutiere vechi, variația în valorile deflexiunilor este atât de mare încât se impune să se realizeze cel mai scurt test posibil de ex. 10 m dar acest interval scurt este total neeconomic.

Valorile lui  $E_1$  și  $h_2$  pot fi calculate (deduse) deoarece parametrii cunoscuți și valorile lui  $E_3$  și  $h_1$  sînt cunoscute.

Modulul patului drumului este ales deoarece el nu poate fi determinat ușor prin alte metode.

Folosirea grosimii stratului bituminos "eficace" ( $h_1$ ) care ia în considerare diferențele între modulul îmbrăcămintei bituminoase reale și a celei admise, prezența crăpăturilor etc e mai convenabilă pentru proiectarea ranforsării decît modulul efectiv al îmbrăcămintei bituminoase.

Valoarea lui  $h_2$  este estimată din rapoartele de construcție sau determinată prin scoaterea carotelor.

Modulul stratului bituminos e luat dintr-un grafic ca de ex. cel din fig. III.11 care dă valorile lui  $E_1$  în funcție

de temperatura stratului bituminos pentru diferite tipuri de mixturi. La variații ale măsurătorilor relativ mari s-a ajuns la concluzia că o testare la 50 m e recomandată. Dacă sistemul rutier deși are deformații ( deflexiuni mari) dar prezintă o menținere uniformă a acestora, intervalul poate fi mărit la 100-200 m.

### 3.3.3. Caracterizarea sistemului rutier

În funcție de lungimea aleasă pentru testare este utilizat un procedeu prin care se alege o medie caracteristică a 3 măsurători pentru un tronson de drum , nivelând astfel extremitățile.

De regulă, această deflexiune medie se ia în calcule pentru 150-300 m de drum și care e considerată a fi distanța practică pentru o posibilă schimbare a grosimii de ranforsare. Gradul de siguranță adoptat de regulă de autoritățile rutiere este de 85 sau 90%.

### 3.3.4. Măsurătorile de temperatură

În timpul unei serii de măsurători temperatura înbrăcăminteii poate varia ca urmare schimbării temperaturii mediului cât și a variației datorită condițiilor mediului înconjurător (ex.drum în zonă umbrită). Diferențele de temperatură vor avea în mod sigur influențe ce se resfrîng în mărimea valorii deflexiunilor. Corectarea acestor diferențe și aducerea lor la un numitor comun respectiv la " temperatura standard " este o operație dificilă întrucît în afara analizei sferei temperaturilor sînt de luat în considerare grosimea asfaltului, a stratului de bază granulare, modulul și grosimea straturilor de bază, de legătură și de modulul patului drumului.

Ca urmare acestor dificultăți se procedează mai întîi la cartarea sectoarelor d.p.d.v. al temperaturilor și după aceea se fac analizele în extenso și anume :

Cînd temperatura asfaltului diferă cu mai mult de 4 °C sectoarele sistemului rutier sînt interpretate separat.

Dacă o schimbare în temperatura medie coincide cu o schimbare în valoarea medie a deflexiunii, se poate menține constantă grosimea stratului rutier proiectat.

### 3.3.5. Determinarea proprietăților sistemului rutier

Valorile deflexiunilor medii măsurate nu pot fi folosite direct pentru a determina durata de serviciu rămasă a sistemului rutier sau grosimea necesară a stratului de ranforsare

deoarece o mare parte a deflexiunilor măsurate în mod normal ar solicita o rezistență structurală mai scăzută.

Cînd forma discului de deflexiune caracterizată prin  $Q_r = \frac{J_r}{J_c}$ , e folosit ca un parametru secundar, combinații ale lui  $J_c$  și  $Q_r$  trebuie investigate pentru a determina care este cel mai critic parametru.

Aceasta se face prin calcularea atât pentru  $J_c$  cît și pentru  $Q_r$  5, 10, 15 sau 20 și corespunzător 95, 90 și 85 sau 80 procente după care se determină valorile modului de deformație a patului drumului și grosimea efectivă a asfaltului pentru aceste valori.

Din aceste proprietăți ale sistemului rutier durata de exploatare rămasă și grosimea stratului de ranforsare sînt determinate putîndu-se adopta cea mai potrivită valoare [121]

### 3.3.6. Determinarea duratei de exploatare (reziduale)

Practic, determinarea duratei de exploatare rămasă (reziduale) a unui sistem rutier este imposibil de determinat ca de exemplu în număr de aplicații ale încărcăturii axiale standard în cazul în care avem la dispoziție proprietățile sistemului rutier măsurate, dacă nu se dețin informații și date privind istoria traficului rutier.

Din fig. III.12 se poate deduce modulul efectiv de deformație al îmbrăcăminții bituminoase sau grosimea stratului în funcție de numărul repetițiilor încărcăturii.

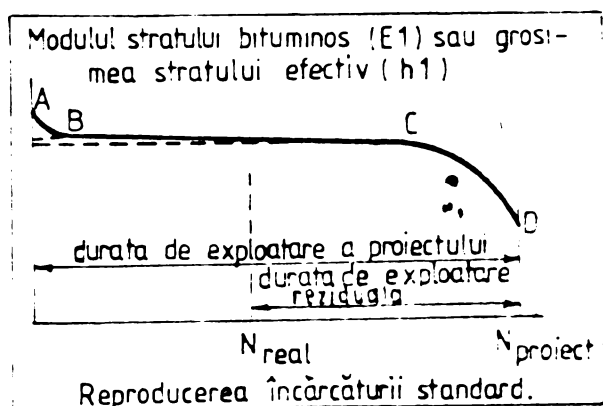


FIG. III.12 REPREZENTAREA SCHEMATICĂ A DURATEI DE EXPLOATARE A SISTEMULUI RUTIER.

După o cedare inițială ceva mai rapidă (faza A-B) modulul descrește foarte încet cu numărul repetărilor încărcăturii (baza B-C) pînă ce se ajunge la faza C-D, în care modulul descrește rapid spre sfîrșitul duratei de exploatare a sistemului rutier. Această formă de comportare e observată în timpul testelor de laborator zilnice și cu experiența practică, valoarea deflexiunii fiind înregistrată constant pe o durată lungă a duratei de exploatare pînă ce crește spre nivelul critic la sfîrșitul duratei de exploatare a sistemului rutier.

Măsurătorile făcute la faza B-C sînt practic independente de vîrsta sistemului rutier și astfel durata de exploatare rămasă nu poate fi determinată. Numai cînd sînt găsite valorile reduse mult pentru modulul de deformație a stratului bituminos sau grosimea efectivă a stratului se poate înregistra că sistemul rutier e în faza "C-D".

Durata de exploatare rămasă este diferența între durata de exploatare proiectată și cea uzată pînă în momentul măsurătorilor efectuate în acest scop.

Deoarece scăderea inițială a modulului îmbrăcăminții bituminoase este relativ mică, durata de exploatare a sistemului rutier poate fi determinată din grosimea stratului și modulii derivați din măsurătorile deflexiunii folosind diagrama Shell pentru modulul patului drumului, temperatura anuală a aerului și tipul de mixtură asfaltică precum și a numărului de aplicații ale sarcinii (încărcăturii) axiale standard pentru valorile date ale lui  $h_1$  și  $h_2$ .

În fig. III.13 este redat un exemplu al unei astfel de proiectări.

### 3.3.7. Proiectarea ranforsării

Tabelele de proiectare Shell pot fi folosite pentru a determina grosimea stratului ranforsat cerută pentru aplicațiile viitoare ale încărcăturii estimate.

Proiectarea ia în considerare următoarele elemente :

Dacă durata sistemului rutier existent este  $ND_1$ , iar numărul axelor standard realizate la un timp dat este  $NA_1$ , atunci consumul teoretic relativ al duratei de exploatare al sistemului rutier este  $N_1/ND_1$ , iar durata de exploatare rămasă este  $1-NA_1/ND_1$ .

Durata de exploatare rămasă poate fi consumată prin trecerea ulterioară a axelor standard  $NA_2$ , astfel încît :

$$NA_2/ND_2 = 1-NA_1/ND_1 \quad [III.12]$$

sau

$$ND_2 = ND_1 \cdot NA_2 / (ND_1 - NA_1) \quad [III.13]$$

Cînd mixtura asfaltică folosită pentru stratul de ranforsare este de același tip cu aceea a îmbrăcăminții bituminoase originale, grosimea ranforsării cerute pentru  $ND_2$  poate fi deri-

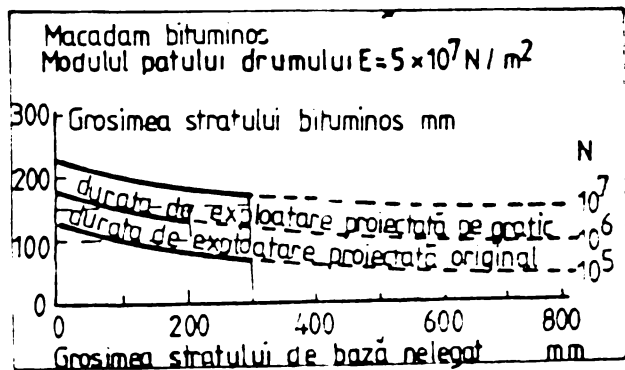


FIG. III.13 DIAGRAMA SHELL PRIVIND GROSIMEA RANFORSĂRII

vată direct din tabelele ca și acelea folosite la determinarea duratei de exploatare notată  $ND_1$  fig.III.13

Grosimea ranforsării găsită în acest mod nu este desigur mai mare decât grosimea unui nou strat de asfalt cerut când stratul bituminos existent e considerat ca avînd aspectul unui material granular.

Se recomandă ca în situația în care se găsesc mari diferențe în nivelele de deflexiune și cînd sistemul rutier prezintă fisuri puternice, să se ia în considerare soluția radicală.

3.4. IN AUSTRALIA recunoașterea fisurării ca o cauză principală a apariției fenomenului de oboseală a îmbrăcămintilor asfaltice, a pus în lumină necesitatea folosirii unui procedeu de proiectare structurală bazat pe deflexiuni.

Cu toate că sînt o mulțime de teorii care pot fi folosite, în Australia de exemplu, s-a ales teoria straturilor elastice.

Separînd acțiunea îmbrăcămintilor de acces a fundațiilor se poate folosi deflexiunea pentru proiectarea structurală, refacerea îmbrăcămintilor și proiectarea straturilor de ranforsare.

Teoria straturilor elastice este folosită pentru evalua rigiditatea fundației pentru proiectare și rezistența îmbrăcămintei existente cît și pentru caracterizarea materialelor din stratul de bază. [119]

O diagramă a sistemului de proiectare este prezentată în fig.III.14 care servește ca introducere la paragrafele următoare:

#### 3.4.1. Analiza îmbrăcămintilor folosind teoria straturilor elastice

Analiza mărimii și formei curbei deflexiunii măsurate cu aparatul Benkelman permite evaluarea atît a flexibilității fundației cît și a rezistenței îmbrăcămintei.

Forma curbei de deflexiune este exprimată în funcție de împrăștiere, care este definită de ecuația: [165]

$$S_p = \frac{d_0 + d_1 + d_2}{3 d_0} \times 100 \quad [III.14]$$

unde  $d_0$  este deflexiunea maximă și  $d_1$  și  $d_2$  sînt valorile deflexiunilor măsurate la 300 mm și respectiv la 600 mm.

Soluția de bază pentru analiza care folosște teoria straturilor elastice este prezentată grafic în fig.III.15 a.

Un al doilea termen care exprimă împrăștierea (răspîndirea)  $Sp_2$  este folosit pentru a interpreta curba deflex.măsu

Evaluarea cantitativă  
a execuției

Testarea cu aparatul  
Benkelman

Probă luată din îmbră-  
căminte existentă

Testări suplimentare  
ex. CHR, dacă este necesar

Stabilirea cauzelor  
principale ale apariției  
fenomenului de oboseală  
a îmbrăcăminte existente

Este deflexiunea un  
criteriu corespunzător

Nu

Cîteva  
procedee de  
proiectare  
alternative

DA

P  
A  
R  
A  
M  
E  
T  
R  
I  
de  
P  
R  
O  
I  
E  
C  
T  
A  
R  
E

1. Trafic
2. Deflexiunea măsurată cu  
Benkelman în vederea pro-  
iectării
3. Flexibilitatea fundației  
pentru proiectare  
Rezistența îmbrăcăminte  
existente
4. Caracterizarea  
materialelor propuse pentru  
folosire

Decizie: Refacere sau  
proiectarea strat de ranforsare

Proiectare

Fig. III.14 Sistemul  
general de proiectare

rate cu Benkelman

$$Sp_2 = \frac{d_0 + d_2 + d_3}{3 d_0} \times 100 \quad [III.15]$$

unde  $d_3$  este valoarea deflexiunii măsurată la 900 mm.

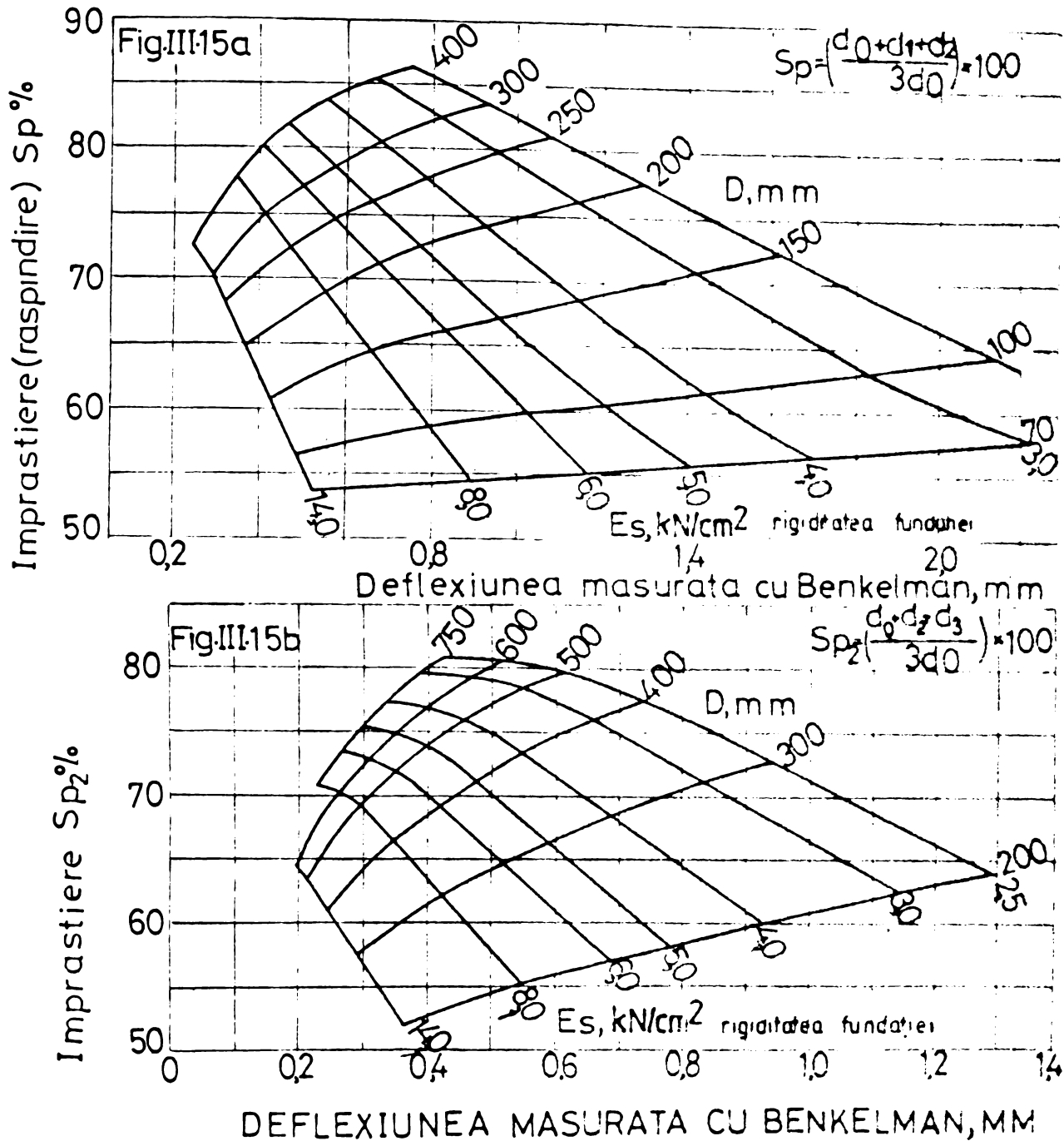


Fig. III-15 Deflexiunea conform teoriei straturilor elastice

Pentru o proiectare pe calculator, soluțiile din fig. III-15 a pot fi exprimate prin ecuațiile următoare:

$$D = 50,8 + 330 \log_e (A) \quad [III.16]$$

$$Es = 215,3 \log_e (B) - 27,6 \quad [III.17]$$

unde  $A = \frac{d_0 + 0,007}{d_0 - 0,0254 Sp + 1,967}$

$$B = \frac{1,126 d_0 + 0,217}{d_0 + 0,00725 sp - 0,542}$$

D - este grosimea îmbrăcămintei în mm;

Es - rigiditatea fundației în kN;

$d_0$  - deflexiunea minimă în mm măsurată cu benkelman;

Sp - răspîndirea (imprastierea) coflexiunii.



Validitatea analizei a fost cercetată atât teoretic cât și empiric.

Verificarea pe cale empirică a constatat în testarea îmbrăcăminților existente pentru a studia efectul variațiilor cunoscute asupra fundației.

În timp ce analiza teoretică definește limitele pentru caracterizarea cu ajutorul teoriei straturilor elastice, analiza empirică pune în evidență faptul că aceasta din urmă (teoria) poate fi folosită ca bază pentru refacere și pentru proiectarea straturilor de ranforsare.

### 3.4.2. Evaluarea stării îmbrăcăminților existente

Înainte de proiectarea refacerii unei îmbrăcăminți trebuie să se stabilească cauza deteriorării îmbrăcăminții existente.

Dacă îmbrăcămintea s-a deteriorat progresiv după o durată de exploatare acceptabilă, refacerea îmbrăcăminții sau proiectarea stratului de ranforsare se poate baza pe un procedeu de proiectare similar, cu aceleași materiale dar cu un strat de uzură mai subțire.

Dacă deteriorarea îmbrăcăminții este considerată prematură, trebuie făcută o investigație a cauzei principale a deteriorării.

Cauza principală a deteriorării poate fi legată de un procedeu de proiectare inadecvat rezultând dintr-o creștere neașteptată a traficului sau dintr-o estimare greșită a condiției de umiditate a fundației.

Scopul determinării cauzei principale a deteriorării este de a furniza inginerului proiectant date referitoare la materialele care trebuie folosite la refacere.

Dacă deteriorarea este atribuită încovoierii excesive a îmbrăcăminții, refacerea sau proiectarea straturilor de ranforsare trebuie executate folosind deflexiunea ca un criteriu de bază.

În timp ce fig. III.16 furnizează nivelurile deflexiunii pentru o întreținere generală, execuția îmbrăcăminții existente este legată de traficul specific, de materiale și de condițiile de mediu.

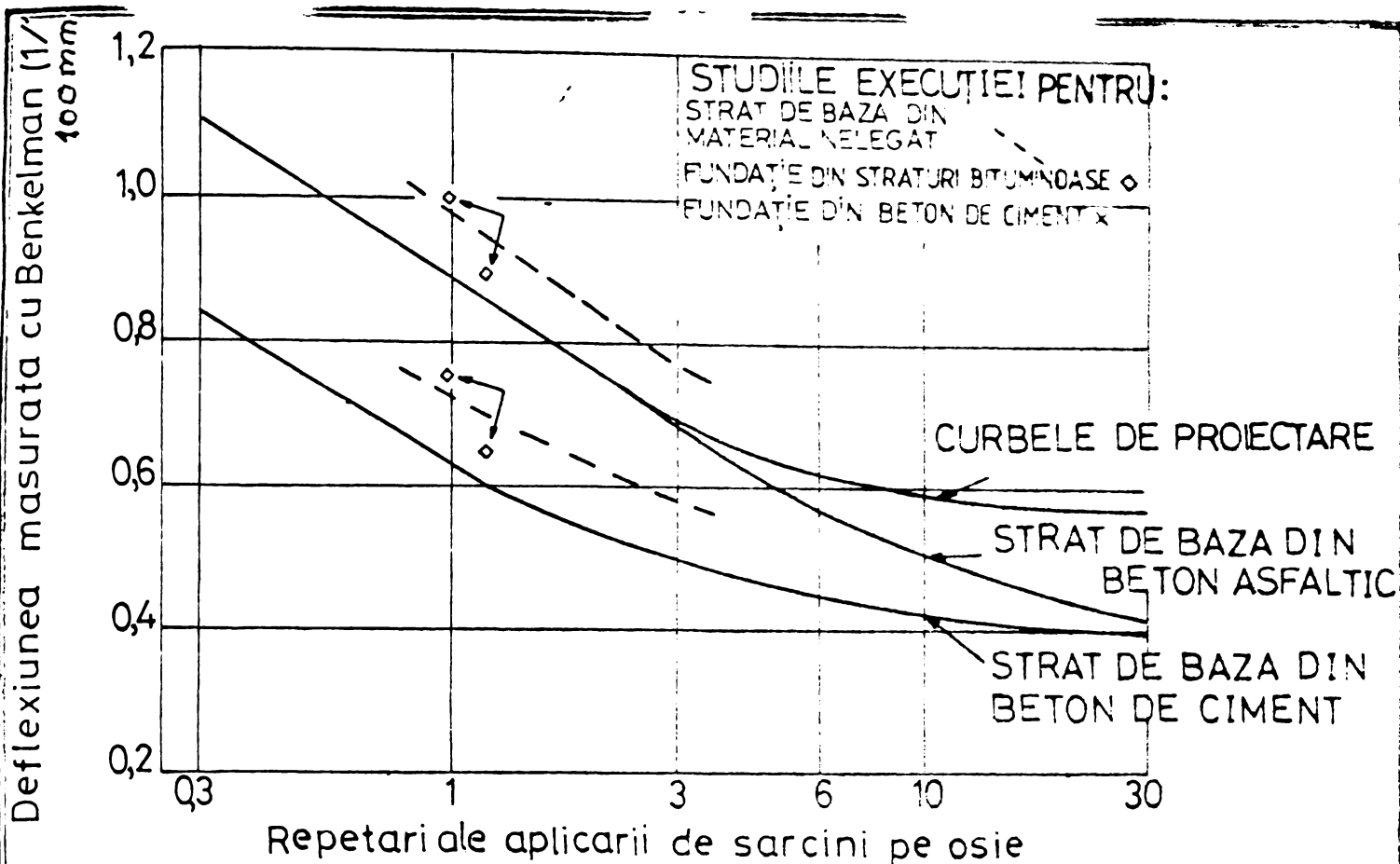


Fig.III.16 NIVELURILE DE DEFLEXIUNE PENTRU PROIECTARE

3.4.3. Parametri de proiectare obtinuti prin testul cu aparatul Benkelman

3.4.3.1. Rigiditatea elastică a fundației

Testul executat cu aparatul Benkelman pe îmbrăcămintea existentă permite inginerului proiectant să estimeze rigiditatea fundației în condițiile naturale de mediu. Variațiile în funcție de anotimp ale rigidității fundației trebuie evaluate înainte de construcție prin testarea cu aparatul Benkelman în diverse anotimpuri.

3.4.3.2. Rezistența îmbrăcămintei existente

Imbrăcămintea existentă trebuie analizată pentru a caracteriza materialele din care este alcătuită.

Detaliile asupra tipului și grosimii straturilor de bază și rezultatele testului cu Benkelman vor decide dacă îmbrăcămintea va trebui să fie refăcută sau numai ranforsată.

Dacă îmbrăcămintea este slabă, se cere refacerea. Aceasta implică săpături și stabilizare dacă materialele din stratul de bază sînt corespunzătoare.

Cînd îmbrăcămintea existentă este relativ rezistentă se propune aplicarea unui strat de ranforsare.

Fig.III.17 pune în evidență faptul că dacă rigiditatea îmbrăcămintei existente este de ordinul a  $69,0 \text{ kN/m}^2$  grosimea echivalentă a îmbrăcămintei va fi redusă în cazul aplicării unui strat de ranforsare. Tabelul III.11 ce urmează prezintă o analiză teo-

./.

retică a reducerii rezistenței îmbrăcămintei existente ca rezultat al ranforsărilor cu materiale avînd rigidități diferite.

Rezistența îmbrăcămintei existente este exprimată prin ecuația:

$$K = \frac{\Delta - a \cdot t}{\Delta} \quad [III.18]$$

unde  $\Delta', \Delta$  sînt grosimile echivalente ale îmbrăcămintei înainte și după ranforsare.

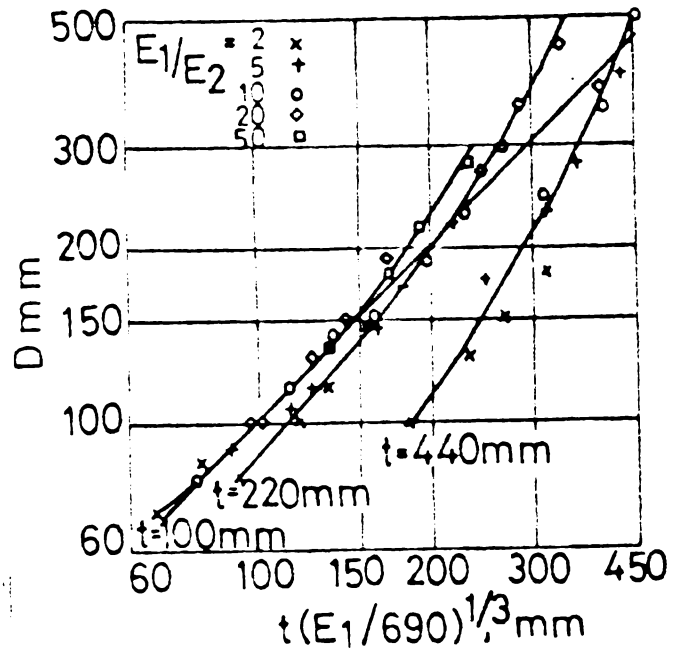
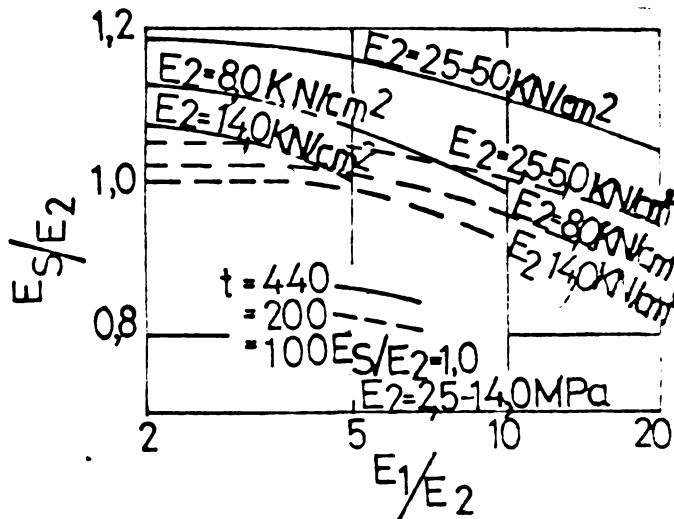


Fig III.17 STUDII TEORETICE DE ANALIZA

Tabelul III.11

Tabelul valorilor lui K din analiza teoretică

| Detalii ale ranforsării | Caracterizarea îmbrăcămintei existente |      |                                   |       |      |
|-------------------------|--|------|-----------------------------------|-------|------|
|                         | Strat de bază nelegat                  |      | Strat de bază legat               |       |      |
|                         | 35,0 kN/cm <sup>2</sup><br>150 mm      |      | 69,0 kN/cm <sup>2</sup><br>120 mm |       |      |
| t                       | kN/cm <sup>2</sup>                     | 35,0 | 69,0                              | 120,0 | 69,0 |
| mm                      | a                                      | 0,8  | 1,0                               | 1,2   | 1,0  |
| 50                      |  | 0,92 | 0,88                              | 0,84  | 1,0  |
| 100                     |  | 0,83 | 0,79                              | 0,75  | 1,0  |
| 150                     |  | 0,75 | 0,71                              | 0,67  | 1,0  |
| 200                     |  | 0,67 | 0,67                              | 0,67  | 1,0  |

a, t - sînt valorile rigidității și grosimea stratului de ranforsare

$$a = \left[ \frac{E_1}{690} \right]^{1/3} \quad \text{unde } E_1 \text{ este rigiditatea stratului de ranforsare folosit în analiză} \quad [III.19]$$

Formula lui K

$$K = \frac{K_2}{K_1} + \frac{at_1}{\Delta_1} \left( 1 - \frac{K_2}{K_1} \right) \quad [III.20]$$

unde t este grosimea stratului de ranforsare propus.

t<sub>1</sub> - este grosimea stratului de baza superior.

K1, K2 sînt valorile lui K pentru grosimile stratului de ranforsare pentru t și respectiv t+t1

a este valoarea rigidității stratului de bază superior și a stratului de ranforsare.

### 3.4.3.3. Caracterizarea materialelor propuse pentru a fi în stratul de bază

Materialele din stratul de bază sînt caracterizate prin încercarea cu aparatul Benkelman a îmbrăcăminteii existente, construită cu același materiale.

Dacă este posibil, aceste îmbrăcămînți trebuie să aibă minim 2 ani și condiții de umiditate ca și îmbrăcăminte refăcută sau ranforsată.

Dacă stratul de bază este alcătuit dintr-un singur strat estimarea valorii rigidității se poate face folosind ecuația:

$$a = \frac{\Delta}{t} \quad \text{[III.21]}$$

unde a este valoarea rigidității materialului din stratul de bază, este grosimea îmbrăcăminteii măsurate  
t este grosimea stratului de bază

Dacă stratul de bază este alcătuit din două straturi valoarea rigidității unuia din materiale poate fi estimată valoarea rigidității al celuilalt devine:

$$a_2 = \frac{\Delta - a_1 t_1}{t_2} \quad \text{[III.22]}$$

unde a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> sînt valorile rigidității și respectiv grosimile materialelor din stratul de bază.

Pentru caracterizarea materialelor noi din stratul de bază este necesară construirea sectoarelor experimentale.

Această caracterizare nu este constantă, ci variază în funcție de grosimea îmbrăcăminteii.

### 3.4.4. Proiectare structurală bazată pe deflexiune

Pentru proiectarea structurală bazată pe deflexiune sînt cuantificați următorii parametri:

- deflexiunea pentru proiectare măsurată cu Benkelman;
- rigiditatea elastică a fundației
- rezistența îmbrăcăminteii existente;
- valoarea rigidității materialelor din stratul de bază.

Pentru proiectare, în vederea refacerii îmbrăcăminteii, îmbrăcăminteii existente poate fi considerată fără rezistență.

Grosimea îmbrăcămintei în cazul refacerii, ,trebuie să fie suficientă pentru a reduce deflexiunea măsurată cu Benkelman a îmbrăcămintei/și noi la valoarea de proiectare când fundația are flexibilitatea de proiectare.

Acest  $\Delta$  se poate determina din curba deflexiunii din fig.III.15.

3.5. IN S.U.A. Metoda de proiectare a ranforsării este bazată pe durata de exploatare rămasă a sistemului rutier.

### 3.5.1. Considerații generale

Pentru sistemele rutiere nefisurate sau avînd sub 5% fisuri din clasa a 2-a se folosește conceptul perioadei de exploatare rămase.

Fisurarea se va defini și înregistra corespunzător definițiilor AASHO(ex.Clasa 2, clasa 3 etc) Clasa a 2-a de fisurare se definește ca cea care a progresat pînă la faza în care fisurile s-au întîlnit formînd o rețea. Fisurile din clasa a 2-a se cunosc de obicei sub numele de fisuri tip " piele de crocodil ".Clasa a 3-a de fisurare reprezintă avansarea de la clasa a 2-a de fisurare, în care fisurile din această clasă se îndesesc la margini, se pierde legătura dintre plăci care se desprind și se mișcă sub trafic.

#### 3.5.1.1. Calculul duratei de exploatare rămase

Calculul implică patru etape principale cuprinzînd calculul deformației, traficului admis, degradărilor existente din oboseală și a duratei de exploatare rămase.

3.5.1.2. Calculul deformației. Se determină deformația în îmbrăcămintea existentă folosind datele anterior determinate. Deformația orizontală de întindere la baza stratului din beton asfaltic în direcția paralelă osiei-sarcină, se determină pentru o încărcare de 41 kN ( 4,1 to) respectiv 9000 lb. pe roată dublă cu distanța între centrele roților egală cu 13,11 inch ( 33 cm) și pentru o presiune de umflare a cauciucului de 75 psi ( 5,37 daN/cm<sup>2</sup>).

#### 3.5.1.3. Calculul traficului admisibil.

Se calculează numărul permis de încărcări cu 18 Kip(82 kN) respectiv 8,2 t folosind diagrama din figura III.18 sau următoarea ecuația de oboseală :

$$N = 9,73 \cdot 10^{-15} (1/\epsilon)^{5,16} \quad \text{III.34}$$

unde; N este numărul admis de încărcări cu sarcini de 82 kN (pentru un

./.

nivel... E de deformație.

$\xi$  = deformația orizontală la baza stratului din beton asfaltic.

3.5.1.4. Calculul degradării din oboseală-degradare din oboseală reprezintă reducerea rezistenței la oboseală datorită traficului deja suportat de sistemul rutier existent. Degradarea din oboseală se calculează cu relația [82]

$$L_u = \frac{n}{N} \quad [III.35]$$

Calculul duratei de exploatare rămasă se face după cum urmează

$$L_R = 1 - L_U \quad [III.36]$$

unde :

$L_R$  - durata de exploatare rămasă (d.p.d.v. al obose-

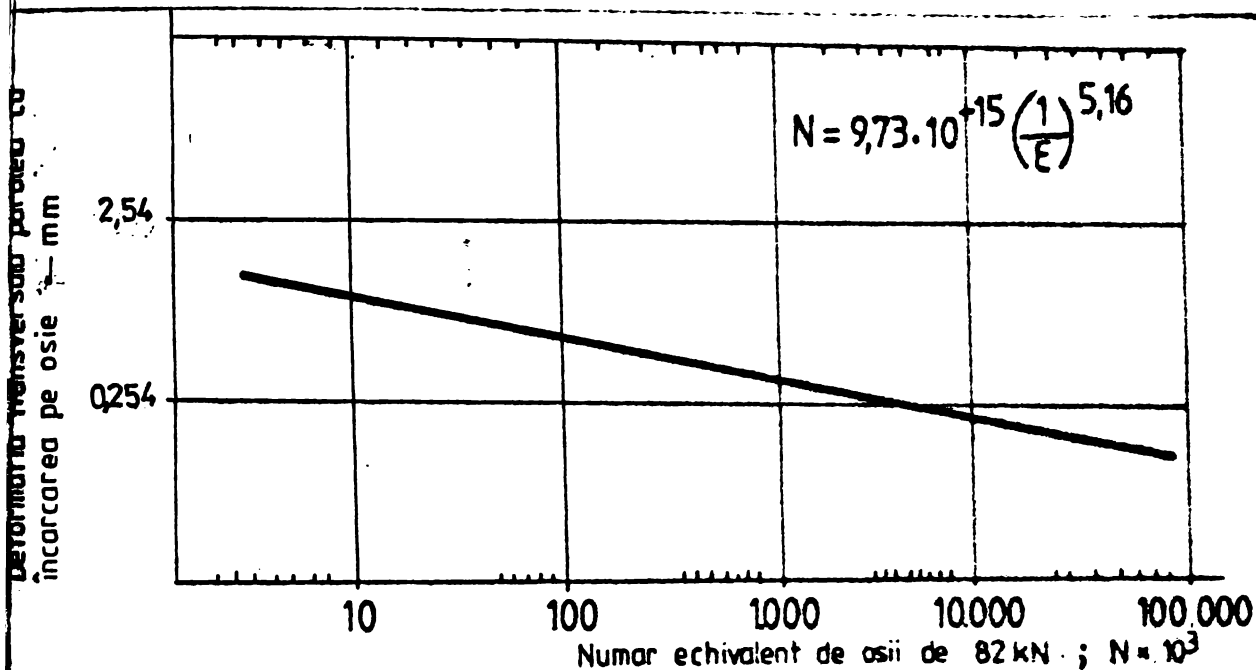


Fig. III.18. Curba de oboseala pentru încărcări de 82 kN pe osie pînă la apariția fisurilor din clasa 2.

lii)  $L_u$  - durata de exploatare consumată

Prin definiție, durata de exploatare rămasă este rezistența la oboseală neconsumată a sistemului rutier.

3.5.1.5. Starea mecanică a sistemului rutier ranforsat.

Se analizează sistemul rutier pentru o gamă de grosimi de ranforsare, de ex: 3,5,7 și 9 inch (8,13,18 și 23 cm) folosind programul ELSYM 5 cu tipul de încărcare anterior descris. Dacă se anticipează grosimi mai mari de ranforsare se poate începe calculul cu 5 inch (12,5 cm) de exemplu. Eforturile și deformațiile folosite pentru aprecierea numărului echivalent pe osii de 18 kip (82 kN) admisibil pentru verificarea la oboseală și formarea de fâgașe pentru fiecare grosime de ranforsare sunt: Oboseală- deformații orizontale de întindere la baza stratului existent din beton asfaltic.

Fâgașe: 1. deformația verticală la baza primului strat (de sus în jos); 2. efortul vertical la baza primului strat;

3. efortul vertical la baza celui de al doilea strat ;
4. efortul orizontal paralel cu osia-sarcină la baza celui de al doilea strat;
5. efortul vertical la baza stratului al treilea ;
6. deformația verticală la baza stratului patru ;
7. efortul vertical la suprafața stratului cinci (teren);
8. deformația verticală la suprafața stratului cinci (teren).

Aceste eforturi și deformații se vor alege maxime, fie sub o roată fie între roți când se analizează configurația roților duble.

### 3.5.1.6. Trasarea curbelor de trafic admis.

Curbele de trafic admis se tratează pe baza criteriului de oboseală sau formare de făgașe.

Criteriul de oboseală-pentru fiecare grosime de ranforsare considerată, se va determina traficul admis în vederea trasării curbei de proiectare a grosimilor. Traficul admisibil se va determina din curba de oboseală din figura III.18 și se va înmulți cu durata de exploatare rămasă sau se va calcula direct folosind relația:

$$N = 9,73 \cdot 10^{-15} \left( \frac{1}{2} \right)^{5,16} \cdot L_R \quad [III.37]$$

unde:

$N$  este numărul echivalent admis de osii de 18 kip (8,2 tone)  
 $\epsilon$  este deformația orizontală la baza stratului bituminos  
 $L_R$  durata de exploatare rămasă.

Aceste calcule furnizează datele necesare pentru trasarea curbei de proiectare a ranforsării pentru criteriul de oboseală după cum se arată în fig. III.19.

Criteriul formării de făgașe: pentru fiecare din grosimile de ranforsare analizate, traficul admis din punctul de vedere al formării de făgașe se va calcula cu relația:

$$\log N = 7,51475 + 0,96831R + 0,01173(\epsilon_{1z})^2 + 0,04322(\sigma_{1z}) - 0,01687(\sigma_{2z}) \\ + 0,05608(\sigma_{3z}) + 0,10803(\epsilon_{4z})^2 + 0,18032(\sigma_{5z}) + 0,10226(\epsilon_{5z})^2 + \log \frac{365}{dt} \quad [III.38]$$

unde :

$N$ -este numărul admis de osii echivalente de 82 kN (18 kip);  
 $R$ -adâncimea admisă a făgașului;  
 $\epsilon_{1z}$ -deformația verticală la baza stratului 1 ( de sos)  $\times 10^4$ ;  
 $\sigma_{1z}$  efortul vertical la baza stratului 1;

$V_{2z}$  efortul vertical la baza stratului 2;

$H_{2z}$  efortul orizontal la baza stratului 2, paralel cu osia de incarcare;

$V_{3z}$  efortul vertical la baza stratului 3;

$\delta_{4z}$  deformație verticală la baza stratului 3  $\times 10^4$ ;

$V_{5z}$  efortul vertical la suprafața stratului 5 (teren);

$\delta_{5z}$  deformația verticală la suprafața stratului 5 (teren)  $\times 10^4$ ;

număr de zile pe an cind temperatura medie a zilei este egala sau mai mare decit  $64^{\circ}\text{F}$  ( $18^{\circ}\text{C}$ ) (va fi media ultimilor 5 ani);

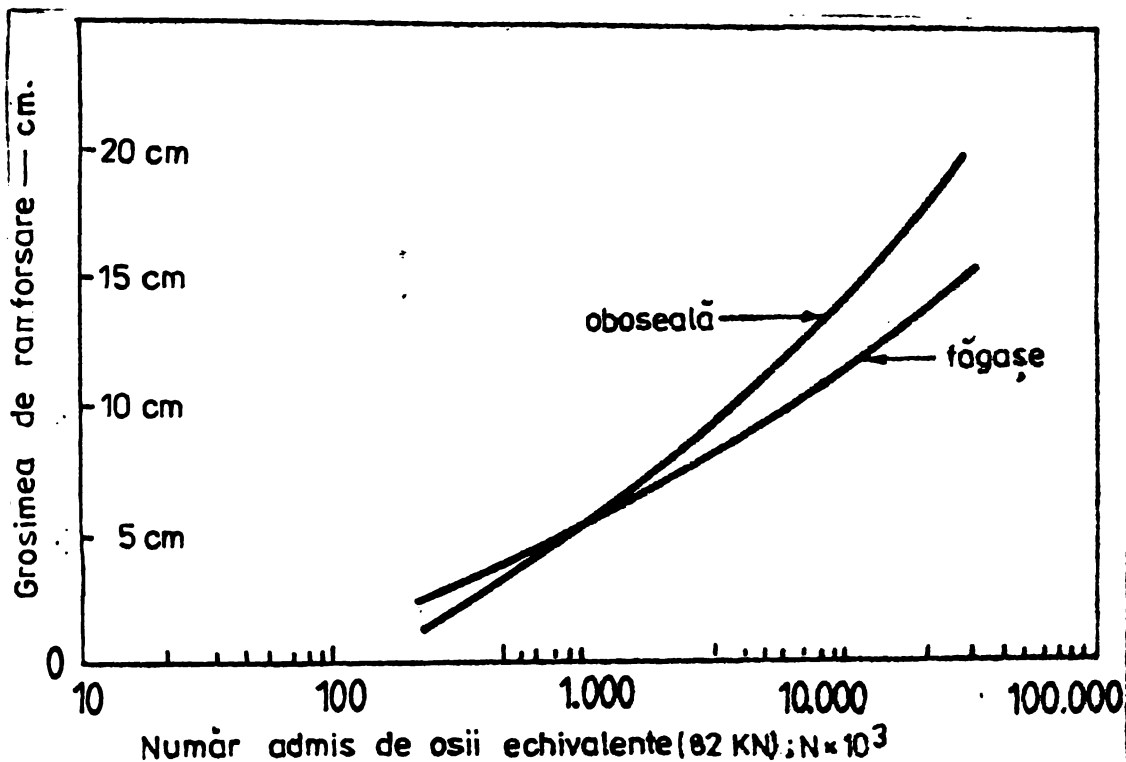


Fig. III 19 Modele de curbe de proiectare a grosimii ranforsării.

proiectându-l pe curbe și apoi pe scara grosimilor. Cele două grosimi rezultate indică necesitatea pentru criteriul de oboseală și formare făgaș.

Se alege grosimea cea mai mare ca valoare finală.

### 3.5.2. Proiectarea ranforsării pentru sisteme rutiere cu betonul asfaltic uscat

metoda din acest paragraf se va folosi la proiectarea ranforsării pentru sisteme rutiere cu mai mult de 5% fisuri din clasa 2 și mai puțin de 5% fisuri din clasa 3.

Dacă zonele fisurate se decapează și se înlocuiesc respectind specificațiile, se poate folosi metoda bazată pe criteriul duratei de exploatare ramase.



### 3.5.2.1. Starea mecanică a sistemului rutier ranforsat.

Sistemul rutier se va analiza pentru grosimi de ranforsare de 3,5,7, și 9 înch ( 8,13,18,23 cm) folosind programul ELSYM 5 și pentru încărcarea anterior descrisă. Eforturile și deformațiile folosite pentru aprecierea numărului echivalent de osi de 18 Kip (82 kN) admisibil pentru verificarea la oboseală și formare de fâgașe pentru fiecare grosime de ranforsare se vor enumera mai jos. Modulul de elasticitate al betonului asfaltic se consideră egal cu 70.000 psi (4800 daN/cm<sup>2</sup>) în timp ce toate celelalte straturi se caracterizează după cum s-a arătat mai sus.

### 3.5.2.2. Oboseală-deformația orizontală la întindere la baza stratului din beton asfaltic

Făgașe 1. deformația verticală la baza stratului unu ( de sus)

2. efortul vertical la baza stratului unu;
3. efortul vertical la baza stratului doi;
4. efortul orizontal, paralel cu osia de încercare la baza stratului doi;
5. efortul vertical la baza stratului trei;
6. deformația verticală la baza stratului patru;
7. efortul vertical la suprafața stratului cinci (teren)
8. deformația verticală la suprafața stratului cinci ( teren)

Aceste eforturi și deformații se vor alege maxime (fie sub o roată fie între roți când se analizează configurația roților duble).

Trasarea curbelor cu trafic admisibil.

Curbele cu trafic admisibil se trasează pentru verificarea la oboseală și formare fâgașe.

Criteriul de oboseală. Pentru fiecare din grosimile considerate se determină curba grosimii de proiectare. Pentru fiecare grosime de ranforsare considerată se determină traficul din curba de oboseală sau din următoarele relații:

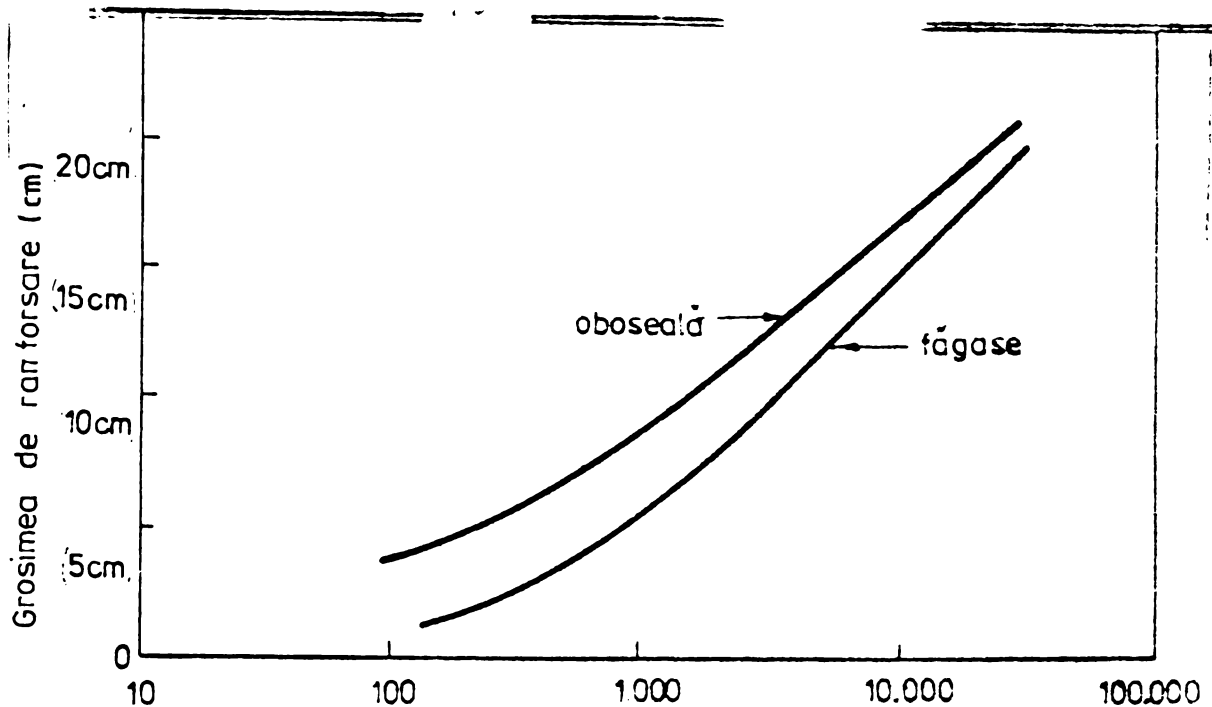
$$N = 9,73 \cdot 10^{-15} \left( \frac{1}{2} \right)^{5,16} \quad [\text{III.39}]$$

unde :

N este numărul echivalent permis de încărcări de 18 Kip ( 82 kN) pe osie

$\xi$  - deformația orizontală la baza covorului

In fig. III.20 se prezintă o curbă tipică de proiectare



Număr admis de osii echivalente de 82 kN;  $N \times 10^3$

Fig. III 20 Model de curbe de proiectare a grosimii ranforsării

Criteriul formării de făgașe-pentru fiecare din grosimile de ranforsare analizate, se calculează traficul admis de formarea făgașelor folosind relația:

$$\text{Log.} N = 7,51475 + 0,96831R + 0,01173(\sum 1Z' / \bar{\sigma} 1Z) + 0,04322 \bar{\sigma} 2z - 0,05608 \bar{\sigma} 3z + 0,10303 \sum 4z' + 0,18032 \bar{\sigma} 4z + 0,10226 \sum 5z' + \log \frac{365}{dt} \quad [\text{III.40}]$$

unde:

$N$  este număr echivalent de încărcări cu osii de 18 kip (82 kN) admisibil;

$R$  adâncimea admisibilă a făgașelor;

$\sum 1Z'$ -deformația verticală la baza stratului  $\text{mm} \times 10^4$ ;

$\bar{\sigma} 1z$ -efortul vertical la baza stratului unu ;

$\bar{\sigma} 2z$ -efortul vertical la baza stratului doi ;

$\bar{\sigma} 2x$ -efortul orizontal paralel cu osia de încărcare la baza stratului doi ;

$\bar{\sigma} 3z$ -efortul vertical la baza stratului trei;

$\sum 4z'$ -deformația verticală la baza stratului patru  $\times 10^4$ ;

$\bar{\sigma} 5z$ -efortul vertical la suprafața stratului cinci (teren)

$\sum 5z'$ -deformația verticală la suprafața stratului cinci (teren)  $\times 10^4$ ;

$dt$ - număr de zile pe an în care temperatura medie a zilei este egală sau mai mare decât  $64^\circ\text{F}$  ( $18^\circ\text{C}$ ) (va fi media ultimilor 5 ani)

Curba notată "făgașe" în fig. III.21 este un model de curbă de proiectare a grosimii ranforsării pentru criteriul de apariție a făgașelor.

Determinarea grosimii ranforsării.

Cu traficul de calcul corectat se intră în scara traficului din fig. III.21 de unde se proiectează pe curbele de proiectare

tare și apoi pe scara grosimilor. Cele două grosimi rezultate indică necesarul de grosimi din condiția de oboseală și respectiv de fâgașe. Se alege grosimea ce mai mare.

### 3.5.3. Proiectarea ranforsării sistemelor rutiere nerigide puternic fisurate.

Această metodă se folosește când se constată fisuri de clasa 3 în proporție mai mare de 5% în betonul asfaltic. Dacă suprafețele fisurate conform clasei 3 se decapează și repară, se poate folosi metoda precedentă. Dacă se repară și fisurile din clasa 2, se poate folosi metoda duratei de exploatare rămase.

#### 3.5.3.1. Starea mecanică a sistemului rutier ranforsat.

Analiza sistemului rutier existent și a oricărei ranforsări se realizează folosind programul de calcul ELSYM 5 cu încărcarea anterior descrisă. Acest program calculează deformațiile necesare verificării la oboseală precum și eforturile și deformațiile necesare verificării din punct de vedere al formării de fâgașe.

Pentru sistemele rutiere cu fisuri din clasa a 3-a betonul asfaltic existent se consideră ca un material din stratul de bază cu grosimea egală cu acesta. I se atribuie un modul de elasticitate egal cu cel al stratului de bază de sub el. Toate celelalte straturi se caracterizează după cum s-a arătat anterior.

Sistemul rutier se va analiza pentru grosimi de ranforsare de 3,5,7, și 9 inch: de exemplu. Următoarele eforturi și deformații se folosesc la determinarea numărului admis de osii echivalente cu 18 kip (82 kN) pentru criteriul de oboseală și de formare de fâgașe pentru fiecare grosime de ranforsare considerată.

Oboseală-deformație de întindere orizontală la baza covorului din beton asfaltic

- Formare dec fâgașe-
1. deformația verticală la baza stratului unu;
  2. efortul vertical la baza stratului doi;
  3. efortul vertical la baza stratului doi;
  4. efortul orizontal paralel cu osia-sarcina, la baza stratului doi;
  5. efortul vertical la baza stratului trei;
  6. deformația verticală la baza stratului patru;
  7. efortul vertical la suprafața stratului cinci (teren)
  8. deformația verticală la suprafața stratului cinci (teren).

### 3.5.3.2. Trasarea curbelor de trafic admisibil

Curbele de trafic admisibil se trasează din condiția de oboseală și de formare de fâgașe.

3.5.3.3. Criteriul de oboseală-traficul admisibil se calculează pentru fiecare din grosimile de ranforsare considerate și se trasează curba de proiectare a grosimii. Pentru fiecare grosime de ranforsare considerată se determină traficul din curba de oboseală sau următoarea relație:

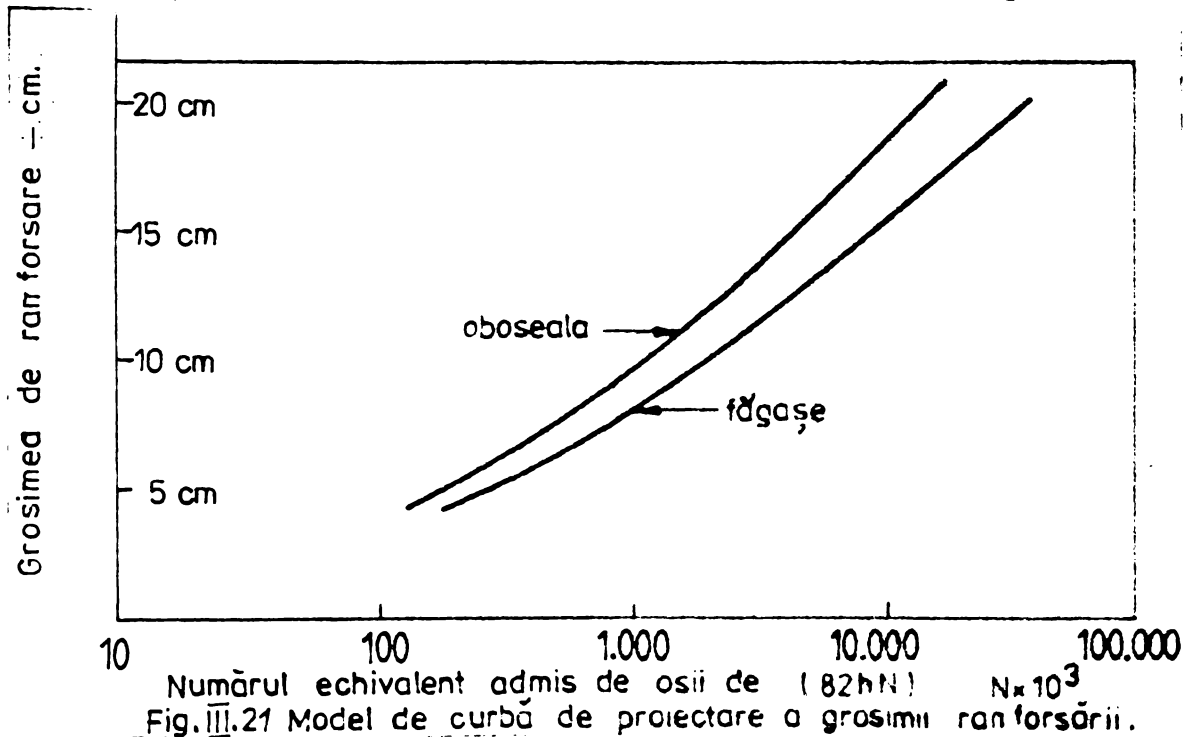
$$N = 9,73 \times 10^{-15} \left[ \frac{1}{\varepsilon} \right]^{5.16} \quad \text{[III.41]}$$

unde :

N este numărul echivalent admis de osii de 18 kip  
(82 kN)

$\varepsilon$ -deformația orizontală la baza covorului

In fig. III.21 se prezintă o curbă tipică de proiectare.



### 3.5.3.4. Criteriul formării de fâgașe-traficul admisibil

se calculează pentru fiecare din grosimile de ranforsare considerate din condiția de oboseală folosind relația:

$$\text{Log. } N = 7,51475 + 0,96831R + 0,01173(\varepsilon_{1z}' / \sigma_{1z}) + 0,04322\sqrt{\sigma_{2z}} - 0,01607\sqrt{\sigma_{2x}} + 0,05608\sqrt{\sigma_{3z}} + 0,10803\varepsilon_{4z}' + 0,13032\sqrt{\sigma_{5z}} + 0,10226\varepsilon_{5z}' + \log \frac{300}{dt} \quad \text{(III.38)}$$

unde :

N este număr echivalent admis de osii de 18 kip  
(8,2 to).

R-adâncimea admisibilă a fâgașelor

$\sigma_{1z}'$  -deformația verticală la baza stratului unu  $\times 10^4$

$\sigma_{1z}$  -efortul vertical la baza stratului unu ;

$\sigma_{2z}$  -efortul vertical la baza stratului doi;

$\sigma_{2x}$  - efortul orizontal la baza stratului doi ;

- $\bar{U}_{3Z}$  - efortul vertical la baza stratului trei;
- $\bar{E}_{4Z'}$  - deformația verticală la baza stratului patru  $\times 10^4$ ;
- $\bar{U}_{5Z}$  - efortul vertical la suprafața stratului cinci (teren)  $\times 10^4$ ;
- $\bar{E}_{5Z'}$  - deformația verticală la suprafața stratului cinci (teren)  $\times 10^4$ ;
- $dt$  - număr de zile pe an cu temperatura medie a zilei egală sau mai mare de  $64^{\circ}\text{F}$  ( $18^{\circ}\text{C}$ ) (va fi o medie a ultimilor 5 ani).

### 3.5.3.5. Determinarea grosimii de ranforsare.

Cu traficul de calcul corectat, se intră în fig. III. 26 scara traficului și se proiectează pe curbe și apoi pe scara grosimilor. Cele două grosimi rezultate indică necesarul de grosime pentru condiții de oboseală și respectiv de fâgașe. Se alege valoarea cea mai mare.

### 3.5.4. Exemplu de problemă de proiectare

Exemplul rezolvat este o ilustrare simplificată a etapelor esențiale de aplicare a metodei de proiectare la o problemă reală de dimensionare a unei ranforsări.

Datele și calculele sînt prezentate tabelar. Se pregătesc curbele de proiectare și în final se alege grosimea de ranforsare.

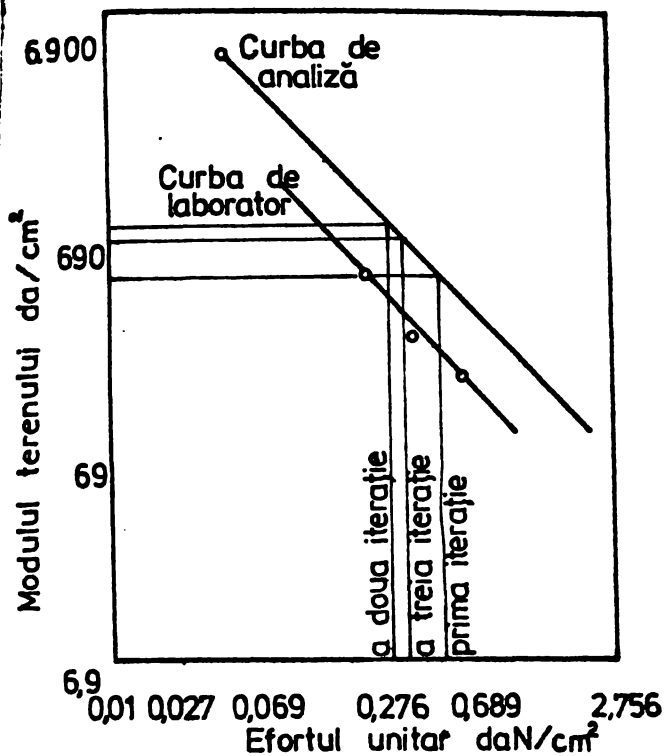
#### 3.5.4.1. Date pentru evaluare și proiectare.

Starea sistemului rutier existent. Sistemul rutier analizat nu prezintă fisuri din clasa 2 sau 3. Se cere ranforsarea din cauza perspectivei de creștere importantă a traficului. S-a înregistrat o adîncime medie a fâgașelor de 0,25 înch (0,6 cm). Se alege astfel subsistemul sau metoda perioadei de serviciu rămase.

Au fost recoltate probe din două zone. Forajele au indicat grosimile stratului existent. Modulul de elasticitate dinamic al betonului asphaltic (existent este 500.000 psi (35.000 daN/cm<sup>2</sup>)).

Pentru stratul de ranforsare s-a ales aceeași valoare. Materialul stratului de bază s-a încercat la un efect de compresiune de 20 psi (1,38 daN/cm<sup>2</sup>) rezultînd modulul de 40.000 psi (2750 daN/cm<sup>2</sup>) și în mod similar materialul stratului de fundație are un modul de 20.000 psi (1380 daN/cm<sup>2</sup>).

S-a încercat solul pentru diferite încărcări pentru determinarea modului de deformație. Rezultatele de laborator sînt prezentate în fig. III.22.



FigIII 22 Curbe de analiză pentru determinarea valorii de calcul a modului terenului

Traficul - traficul echivalent de perspectivă în osii de 18 kip (32 kN) este de 4.000.000, iar factorul regional este 1.

Factorul de distribuție pe sens este 0,5 iar factorul de distribuție pe benzi este 1,0. Astfel traficul de perspectivă pe bandă este de 2.000.000 de osii. Traficul actual în momentul proiectării este 70.000.

3.5.4.2. Caracterizarea sistemului rutier existent.

Caracterizarea sistemului rutier existent implică determinarea modului terenului și cal-

culul duratei de exploatare rămase. Modulul de deformare determinat din deflexiuni - Nivelul de siguranță ales este de 97,5%, iar deflexiunea de calcul este de  $0,57 \cdot 10^{-3}$  inch ( $1,45 \cdot 10^{-1}$  mm). Modulul terenului determinat pe baza deflexiunii rezultă din diagrama de calcul și este  $M_2 = 64.000$  psi ( $4400$  daN/cm<sup>2</sup>).

Efortul unitar în teren sub încărcare test este 0,75 psi (0,05 daN/cm<sup>2</sup>).

Având coordonatele  $M_2 = 64.000$  psi ( $4400$  daN/cm<sup>2</sup>) și  $\sigma_d = 0,75$  psi (0,05 daN/cm<sup>2</sup>) acestea s-au înscris în graficul din fig. III.22 și prin punctul materializat se trage o dreaptă cu aceeași pantă ca a curbei de laborator.

Modulul de calcul al terenului - efortul unitar în teren din încărcarea de calcul de 18 kip (32 kN) se determină din figura III.22. Se intră în diagrama cu grosimea totală a sistemului rutier care se proiectează pe curba modulului betonului asfaltic de 500.000 psi (35.000 daN/cm<sup>2</sup>) de unde se proiectează orizontal pe curbele modurilor terenului. Intersecția cu modulul terenului determinat pe baza deflexiunii se proiectează pe scara efortului unitar și se obține prima aproximare a  $\sigma_d$ . Această valoare  $\sigma_d = 0,43$  psi (0,43 daN/cm<sup>2</sup>) se introduce în fig. III.22 și se proiectează pe curba de analiză și pe scara modurilor pentru un modul de 600 psi (414 daN/cm<sup>2</sup>). În iterația a doua se folosește această valoare a modului (6000 psi) în fig. III.23 pentru a obține valoarea  $\sigma_d = 3,9$  cu care se intră în figura III.22 pentru a obține aproximare a  $M_R = 10100$  psi (616 daN/cm<sup>2</sup>). În a treia iterație folosim

valoarea de 10000 psi se ajunge la a treia valoare a lui  $G_d = 5$  psi. Cu valoarea de 5 psi se intră în figura III.22 se proiectează pe curba de analiză de unde rezultă modulul de calcul al terenului cu valoarea de 9000 psi ( $620 \text{ daN/cm}^2$ ). Rezultatul obținut nu este o valoare exactă dar eroarea este sub 10% deci satisfăcătoare. Valoarea  $M_R = 9000$  este reținută.

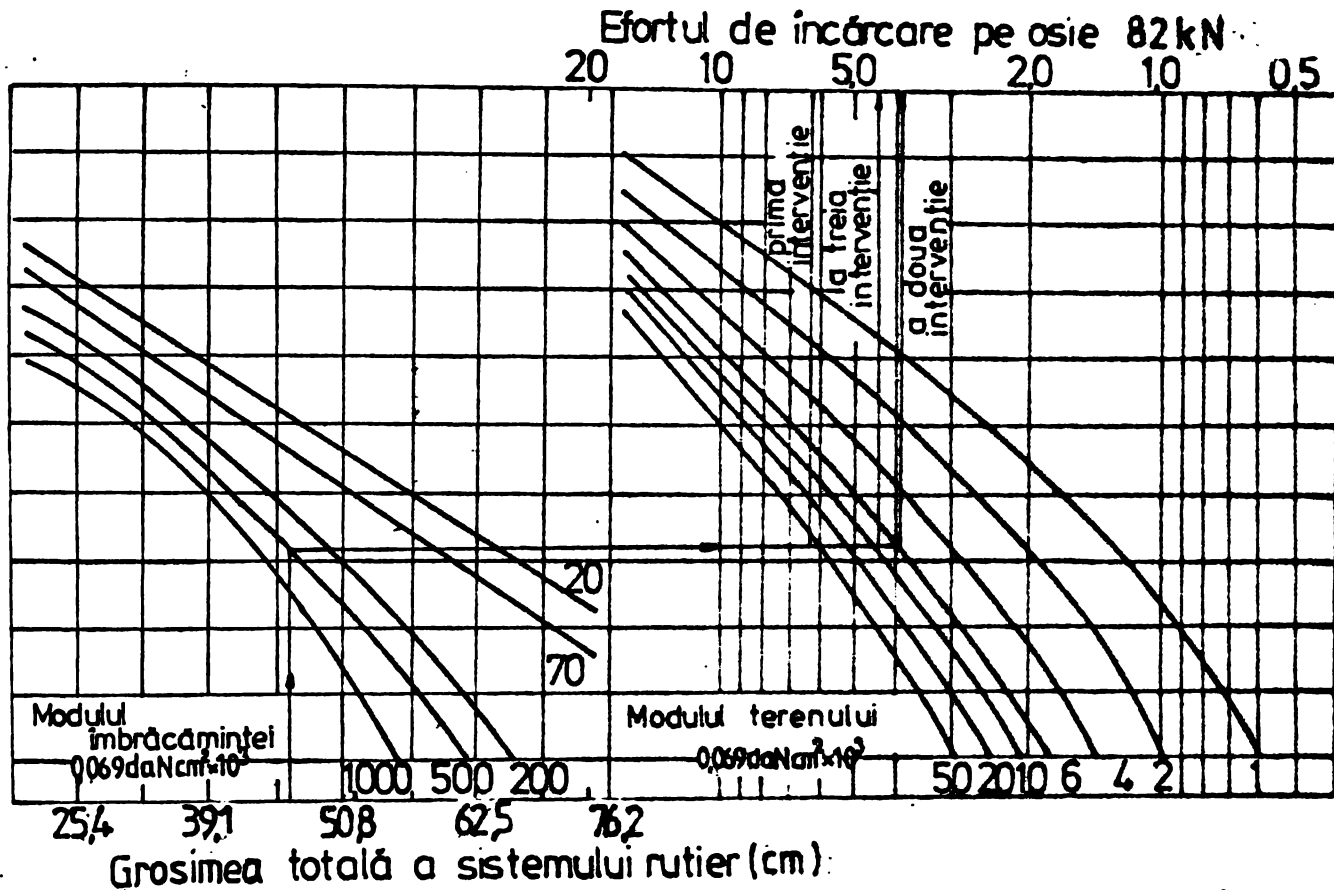


FIG. III 23 DIAGRAMA PENTRU DETERMINAREA EFORTULUI ÎN TEREN DIN ÎNCĂRCAREA DE CALCUL DE 82 kN PE OSIE

Calculul duratei de exploatare:

- se calculează deformația maximă de întindere pe direcția paralelă cu osia-sarcina, la baza stratului existent din beton asfaltic, folosind programul de calcul ELSYM.5. rezultă deformația de  $210 \cdot 10^{-6}$  inch. ( $53,3 \cdot 10^{-1}$  mm);
- se calculează traficul admisibil folosind figura III.18 și rezultă 90.000 de osii;
- factorul regional fiind egal cu 1 nu se corectează traficul actual și degradarea este  $70.000/90.000 = 0,778$ . În acest fel durata de exploatare este  $L_R = 1 - 0,778 = 0,222$

#### 3.5.4.3. Proiectarea ranforsării

Proiectarea ranforsării se bazează pe subsistemul duratei de exploatare rămase.

Starea mecanică a sistemului rutier ranforsat

- se calculează deformațiile maxime de întindere la baza stratului existent din beton asfaltic pentru grosimi de ranforsare de 2, 4, 6 și 8 inch (5, 10, 15, 20 cm) folosind programul ELSYM 5;

./.

- necesare programului de calcul;
- folosind deformațiile și curba de oboseală, fig. III.23 sau relația III.41 se calculează traficul admisibil;
- traficul admisibil se corectază prin multiplicare cu fracția duratei de exploatare  $L_R$ .
- Eforturile și deformațiile necesare în relația de calcul a fâgășelor s-au calculat de asemenea folosind programul ELSYL;
- s-au ales valorile maxime ale fiecăruia efort sau deformațiile determinate fie sub roata simplă fie între roțile duble;
- aceste valori s-au înregistrat cu semnale aferente pentru fiecare grosime de ranforsare;
- studiul temperaturilor a arătat că temperatura medie a zilei depășește  $64^{\circ}\text{F}$  ( $13^{\circ}\text{C}$ ) 122 de zile pe an;
- adâncimea admisă a fâgășelor s-a stabilit la 0,25 inch. (0,64 cm)
- traficul admisibil din acest punct de vedere se calculează folosind relația III.42.

Curbele de proiectare sînt prezentate în fig. III.24. Acestea sînt datele de proiectare pentru oboseală și fâgășe.

Stabilirea grosimii de ranforsare:

- necesitatea de ranforsare este determinată de criteriul de oboseală și fâgășe prin proiectarea traficului de calcul în fig. III.24 pe fiecare curbă și citirea grosimii corespunzătoare;
- din considerente de oboseală este necesară o grosime de 5 inch (13 cm) în timp ce din considerente de fâgășe grosimea necesară este de 7,3 inch. (19 cm).

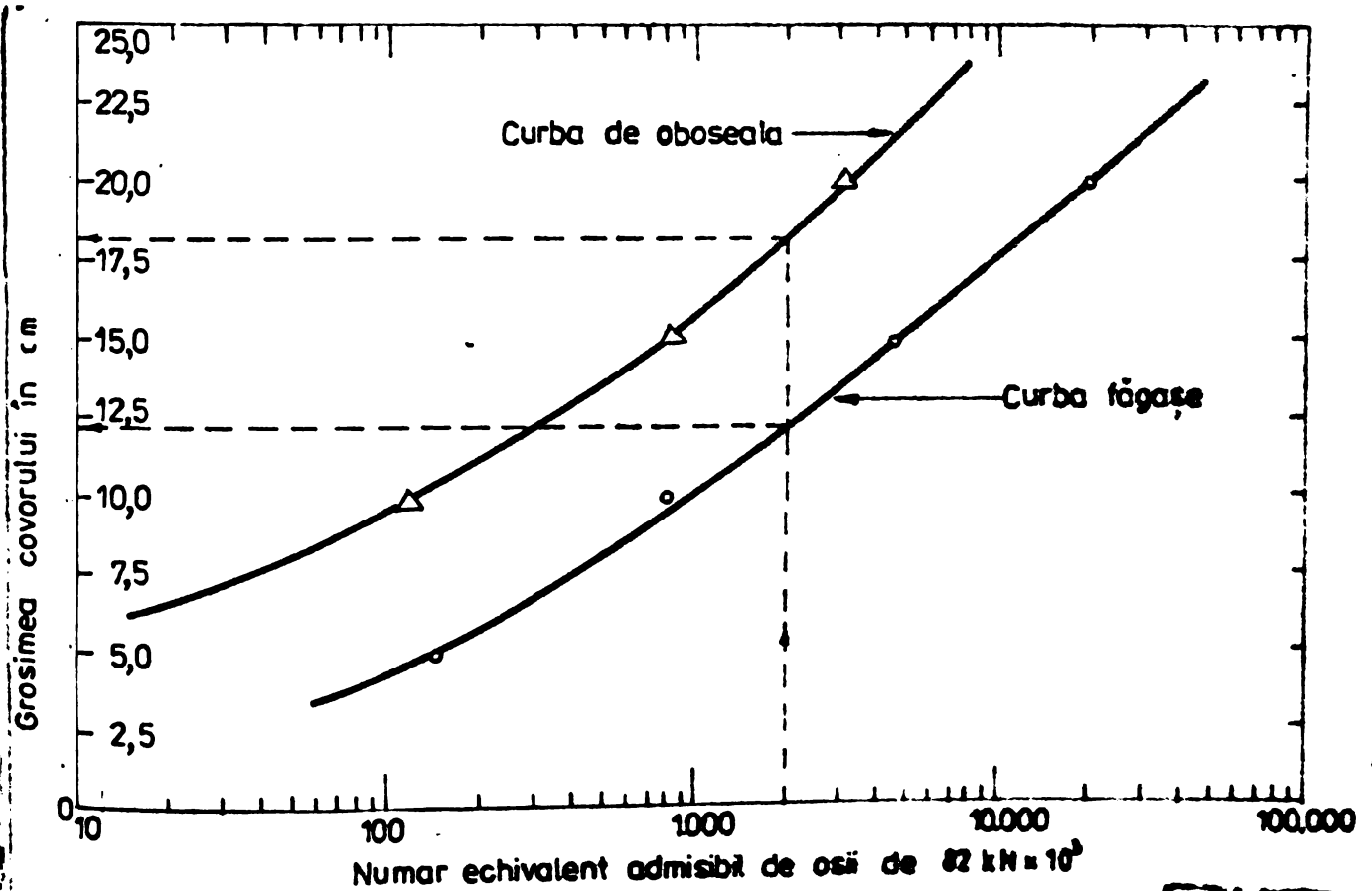
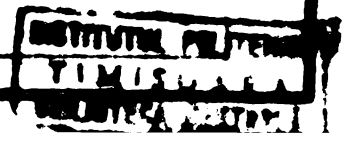


Fig. III 24. Curbe de proiectare pentru modelul de calcul





### 3.6. UNELE CONSIDERENTE PRIVIND EFECTELE RANFORSĂRII

Efectul de ranforsare realizat prin execuția unui strat de anrobat bituminos deasupra sistemului rutier existent poate fi evaluată după deflexiunea totală a complexului rutier (sau a mărimilor din care s-a dedus; deflexiunea remanentă, raza liniei de deformare a drumului, deflexiunea elastică etc) măsurată înainte și după punerea în operă a stratului de ranforsare.

Unele rezultate obținute pe această linie sînt prezentate în fig.III.25.

Influența perioadei în care se execută măsurătorile de portanță complexului rutier este foarte importantă în ce privește diferitele valori ale deflexiunilor măsurate în perioade favorabile și defavorabile (8).

Aceasta este de asemenea indicată prin intervalele de mărime ale deflexiunilor și alte caracteristici măsurate ale portanței ca și valorile medii ale deflexiunilor pentru care a fost constatată că diminuarea în perioada favorabilă, în raport cu perioada defavorabilă este de 41%-52% și mai rar 27%-32%.

Diferențe importante ale portanței drumului au fost constatate în funcție de situația locului unde s-a măsurat în raport cu axa drumului, de natura materialelor utilizate în drum, de rigiditatea drumului, de modul de evacuare a apelor de la suprafață și de poziția drumului în raport cu terenul înconjurător.

Investigarea efectelor realizate prin ranforsarea drumului cu execuția de straturi din beton asfaltic arată că :

- diminuarea maximală a valorilor medii ale deflexiunilor, în funcție de drumul studiat și de stratul cu ajutorul căruia se efectuează ranforsarea, este de 51%-64% (raportul deflexiunilor măsurate în perioada favorabilă după ranforsare și în perioada defavorabilă înainte de ranforsare);

- diminuarea minimală a valorii medii a deflexiunilor (raportul deflexiunilor măsurate în perioada defavorabilă după ranforsare și în perioada favorabilă înainte de ranforsare) este de 23%-27%;

- diminuarea normală a valorilor medii ale deflexiunilor, efectul real de ranforsare (raportul deflexiunilor măsurate în perioada favorabilă înainte și după ranforsare) este de 17%-48%.

Pentru a ajunge la concluzii mai precise trebuie să se efectueze cercetări speciale asupra secțiunilor de încărcare care vor îngloba, printre altele măsurători de deflexiuni în perioadele alese, la temperaturi determinate, măsurători ale caracteristicilor anrobatelor bituminoase în funcție de natura agregatului de bitum

ozajul acestora,

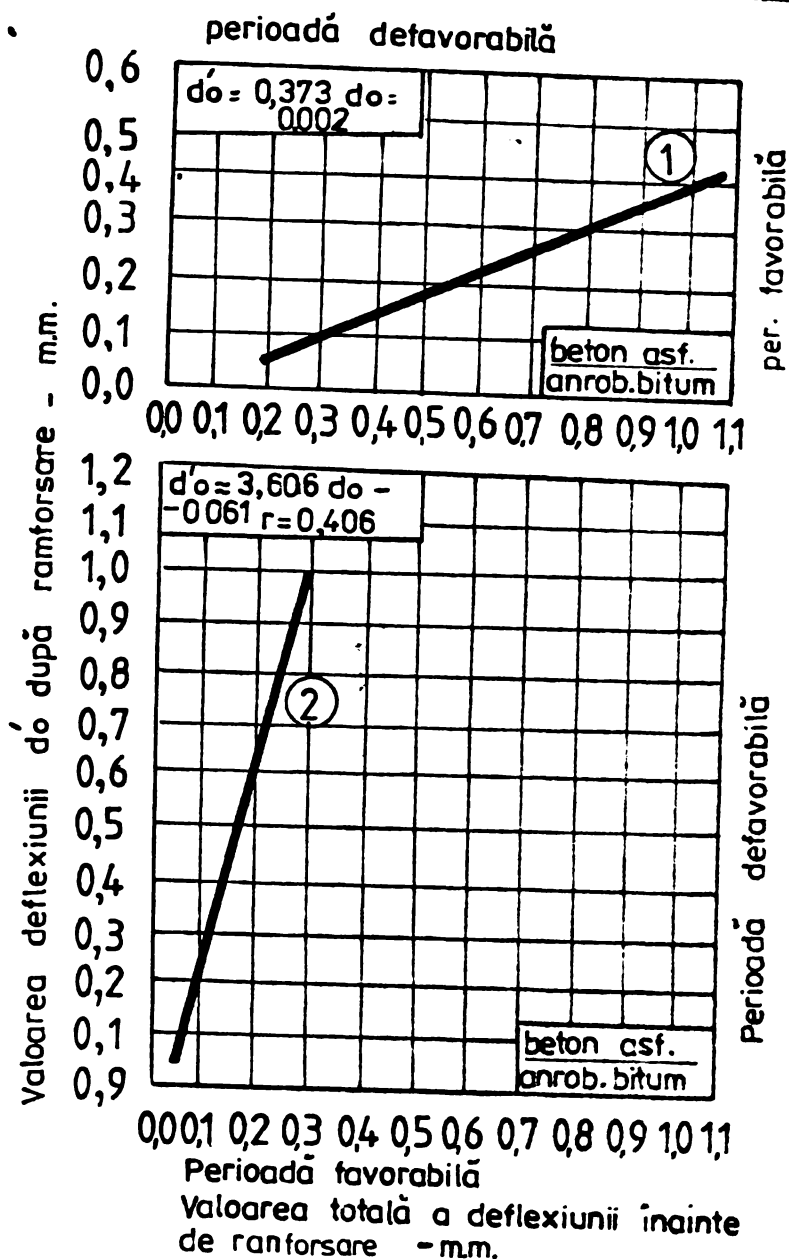


Fig. III.25 Raportul deflexiunilor totale  $d_0$  măsurate înainte și după execuția stratului de ranforsare

### 3.7. CONCLUZII

Din cele prezentate privind dimensionarea ranforsării complexelor rutiere rezultă că pe plan mondial există o serie de concepții și metode de calcul care au la bază în majoritate parametri și elemente de calcul apropiate sau chiar identice dar cu elemente de interpretare diferită. Astfel este de amintit faptul că în majoritatea țărilor lumii principalul criteriu de intrare în calcul este măsura deflexiunii.

Pe de altă parte o serie de parametri adoptați de unele țări sînt în strînsă legătură cu mărirea deflexiunii așa cum sînt întinderea la baza straturilor, capacitatea portantă a ansamblului drumului, apariția fisurilor, a fâgașelor etc.

Metodele de calcul a ranforsărilor complexelor rutiere adoptate în prezent așa cum se prezintă în tabelul III.1 pot fi sintetic grupate astfel:

- metode experimentale bazate în general pe teoria deflexiunii/deformației admisibile limită;
- metode bazate pe sistemul multistrat elastic folosind modulele de elasticitate;
- metoda analitică - Asphalt Institut;
- metoda deformației admisibile la oboseală și formarea fâgașelor etc.

Din prezentarea celor câteva metode de calcul folosite pe plan mondial trebuie reținuți în mod deosebit pentru studiu parametrii caracteristici de calcul ce intervin ca adevărați

factori comuni în formulele de dimensionare a ranforsărilor și anume:

- traficul și în mod special traficul greu;
- structura vechiului drum și comportarea la îngheț a acestuia;
- deflexiunea caracteristică a tronsonului supus ranforsării;
- zona climaterică în care este situat drumul;
- portanța terenului și a infrastructurii etc.

Consider că aplicarea sub forma experimentală a calculului de dimensionare a ranforsărilor folosind metoda AASHO, Shell, LCPC, deformației sau deflexiunii cât și a celei bazate în final pe durata de exploatare rămasă a sistemului rutier pot aduce elemente noi care vor putea pune în evidență în mod pregnant elementele tehnice și economice optime pentru specificul rețelei rutiere românești.

Folosind ca elemente de comparație rezultatele calculului de dimensionare a ranforsărilor cu aceste metode vor putea fi aduse corective actualelor metode de dimensionare în parte depășite din punct de vedere tehnic și al parametrilor luați în considerare.

Consider că aplicarea în extenso a acestor metode va fi posibilă după obținerea pe cale experimentală a unor date statistice strict necesare privind clasificarea zonală (factor regional) modului de elasticitate sau deformație, măsurarea deformației orizontale la baza stratului din beton asfaltic, coeficienții de portanță a diferitelor straturi, indici CBR etc.

#### CAPITOLUL IV-CONSIDERATII PRIVIND RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE IN REPUBLICA SOCIALISTA ROMANIA

Expansiunea deosebită în ultimele 3 decenii a transporturilor auto a determinat în mod logic și dezvoltarea corelată a rețelei de drumuri publice.

Astfel, numai în ultimii 16 ani, s-au modernizat și asfaltat peste 23.000 km drumuri publice, în prezent lungimea totală a rețelei modernizate reprezentând 34.766 km din care 32.320 km sînt cu îmbrăcămînți bituminoase.

Din această lungime 19.242 km au fost realizați cu îmbrăcămînți bituminoase ușoare de maximum 6 cm grosime proiectați pentru un trafic scăzut și o durată de exploatare limitată la 5-8 ani.

./.

Ca urmare creșterii traficului rutier și în mod special a traficului greu pe deoparte ( anexele 3,4,5,6) cât și datorită nerealizării de lucrări de ranforsare la termenele stabilite prin normative pe de altă parte, o lungime importantă a rețelei de drumuri publice a depășit durata de exploatare anexa IV.1 capacitatea portantă a acestora reducându-se unori pînă la 50% din necesarul calculat. [179]

Urmare acestor situații starea tehnică a rețelei de drumuri publice s-a înrăutățit, situație concretizată în existența a peste 8400 km drum cu stare tehnică necorespunzătoare anexa IV.2

Acest fapt a condus și va conduce în continuare, dacă nu se vor lua măsuri corespunzătoare, la generarea unor pierderi deosebit de mare în economia națională în ce privește consumul de carburanți, anvelope, uzura autovehiculelor, pierderi de timp etc (anexa 3,4,5,6).

Limitarea acestor pierderi în economie și păstrarea patrimoniului rutier public asfaltat al țării sînt posibile numai prin aplicarea și urmărirea perseverentă a realizării programului de ranforsare coordonată a acestei rețele.

#### 1. METODE DE CALCUL A RANFORSĂRII

În cele ce urmează sînt prezentate succint principalele metode utilizate în calculul dimensionării ranforsării complexelor rutiere nerigide cât și unele propuneri pe linia îmbunătățirii calculului de dimensionare avîndu-se în vedere experiența acumulată pînă în prezent.

##### 1.1. METODA BAZATĂ PE CRITERIUL DEFORMĂȚIEI ELASTICE ADMISIBILE.

Din multitudinea de metode de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide, țara noastră a aderat la cele bazate pe criteriul deformației elastice admisibile, definită ca deformație maximă admisibilă sub acțiunea sarcinilor generate de trafic, cu condiția ca în îmbrăcămintea drumului să nu apară fisuri.

Pînă la apariția aparatelor de măsurarea stării de deformabilitate ( deflectograful Lacroix și deflectometrul cu pîrghie) s-a folosit numai metoda SOIUZDORNIÎ a cărei principii se reflectă și în STAS 1339-68, complexul rutier fiind caracterizat de deformația admisibilă, iar straturile componente de modulii de deformație liniară ( E) funcție de zona climaterică condițiile locale de umezire, natura materialului, compoziția granulometrică etc [176.]

Traficul de calcul se consideră intensitatea medie zilnică a circulației de perspectivă în ambele sensuri în cele

mai nefavorabile condiții hidrotehnice- dar nu mai mic ca M.Z.A, echivalat în vehicule etalon N.13.

Neuniformitatea condițiilor de lucru a straturilor rutiere era considerată prin afectarea lui  $E_{nec}$  (portanței de perspectivă) cu coeficient de siguranță supra unitar (1,1-1,2).

Folosind schema bistrat și principiul echivalării straturilor, pe baza sondajelor și rezultatelor de laborator privind natura terenului, se determină capacitatea portantă a complexului rutier existent.

Diferența dintre aceasta și  $E_{nec}$  trebuia preluată de straturile bituminoase de ranforsare a căror componență se fixează funcție de posibilitățile de aprovizionare cu materiale și reglementările în vigoare privind execuția straturilor cu lianți bituminoși.

Folosită pînă la nivelul anului 1977 metoda a confirmat că la drumurile existente cu trafic greu, capacitatea portantă variază între 400 și 500 daN/cm<sup>2</sup> la cele cu îmbrăcămînți asfaltice ușoare coborînd pînă aproape de 300 daN/cm<sup>2</sup>.

În funcție de nivelul traficului,  $E_{nec}$  necesar rezultat de 600-700 daN/cm<sup>2</sup>, valoarea de 700 întîlnindu-se pe drumuri cu circulație grea și intensă.

Grosimile straturilor de ranforsare suprapuse ajungeau pînă la 15 cm generînd un necesar de 2000-3000 t mixtură/km de drum, inclusiv stratul de egalizare calculat de regulă pe profilul transversale, practicîndu-se sistemul întocmirii documentației astfel ca să slujească acestui scop ca și determinării scurgerii apelor.

Intrarea în vigoare a "Instrucțiunilor tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemului rutier PD-177-76" a implicat respectarea prevederilor restrictive referitoare la capacitatea portantă la nivelul patului drumului. [177,178]

Introducînd condițiile regimului hidrologic definit conf. stas 1709-75 pentru prevenirea degradărilor din îngheț-dezghet, majoritatea drumurilor încadrîndu-se în regim 2 b-adică în rambleu cu înălțimea sub 1,00 m, la nivelul terenului în profil mixt sau debleu, iar categoria de pămînturi stabilindu-se conform STAS 122, conduce ca modulii de deformare la nivelul patului să fie de valori în general scăzute [180]

În felul acesta în mod curent se obțin grosimi de ranforsare de peste 20 cm.

Sporurile de grosime se datoresc și faptului că valoarea coeficientului de siguranță a crescut la 1,2, creșterea de 10% antrenînd un plus de portanță de 60-70 daN/cm<sup>2</sup> tradusă prin

3-4 cm. de mixtură asfaltică.

Mentținerea acestui coeficient atrage după sine păstrarea duratei de exploatare la 15 ani , readucerea la 10 ani nefiind justificată decât dacă se are în vedere neîndeplinirea parametrilor de calitate ale materialelor utilizate, ceea ce ar conduce și la readucerea coef. de siguranță la 1,1.

Dat fiind aspectele arătate mai sus, reglementările privind determinarea deformabilității prin mijloace nedestructive sînt preferabile, deflexiunile furnizînd informații utile referitoare la capacitatea portantă a complexului rutier existent, chiar dacă se are în vedere faptul că deflexiunea singură nu-i a tot cuprinzătoare, în ce privește comportarea globală a drumului, așa cum s-a arătat în capitolele precedente.

Metoda bazată pe criteriul deformațiilor admisibile avînd la bază principiile fundamentale de dimensionare prevăzute în STAS 1339-68 și Instr. tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide și nerigide ind. PD 177-76 prezintă următoarele inconveniente:

- valoarea absolută a modurilor de deformație luați în calcul poate scade sau crește ca urmare solicitării din trafic și a condițiilor de climă.

Din datele experimentale a rezultat că valoarea modurilor de deformație poate crește în cazurile:

- fundațiilor de piatră;
- fundațiilor stabilizate cu ciment;
- fundațiilor cu zgură sau cenuși

Valoarea modurilor de deformație poate scade în cazul îmbrăcăminții din asfalt ca urmare fenomenului de îmbătrînire și degradare sub influența factorilor climaterici și traficului.

Concluzii: Valoarea reală a modulului de deformație echivalent al complexului rutier nu poate deci oglindi în toate cazurile realitatea.

-Traficul se consideră supraevaluat din moment ce se ia în considerare volumul său de la sfîrșitul perioadei de perspectivă.

#### 1.2. METODA BAZATA PE CRITERIUL DEFORMATIEI ELASTICE MASURATA SUB INCARCAREA STANDARD IN REGIM STATIC

Instrucțiunile pentru consolidarea sistemelor rutiere elaborate de către ISCT în 1971 ca și Instrucțiunile departamentale pentru determinarea deformabilității CD 31-77 (revizuirea CD 31-67) vin în sprijinul proiectanților, fiind căi expeditiv de dimensionare. [177]

Valorificarea măsurătorilor de deflexiuni cu deflecto-

graful Lacroix și deflektometrul Benkelman din 1970, 1971 și 1976 și anii următori relevă faptul că efectuate în sezonul de primăvară după îngheț-dezghet, sau în perioada ploilor cuplate cu o bună sectorizare d.p.d.v. al omogenității și corelate cu informațiile de pe teren, procură informații fidele realității.

Pe de altă parte, din 1972 și pînă în 1978 s-au folosit instrucțiunile ediția 1971 comparativ cu STAS 1339/68, rezultatele fiind sensibil apropiate.

După 1977 pe baza studiilor și programelor s-a dat posibilitatea stabilirii grosimii de ranforsare, a sectorizării din punct de vedere al omogenității deformabilității pe criteriul statistic-matematic al selecției mulțimii de deflexiuni ce respectă condiția de valori minus pentru ecartul tip și coeficientul de variație.

Aceasta a dus la înlăturarea erorilor de supra sau subdimensionare.

Metoda bazată pe criteriul enunțat necesită o analiză atentă înainte de aplicare deoarece :

- furnizează informații cu privire la starea reală a complexului rutier exprimată prin deformația elastică;
- este valabilă atît timp cît comportarea complexului rutier se află în domeniul elastic;
- metoda de măsurare a deflexiunilor, neputînd determina existența deformațiilor plastice poate duce la dimensionare eronată.

#### 1.2.1. Metoda bazată pe măsurarea deflexiunilor cu deflektometrul Benkelman .

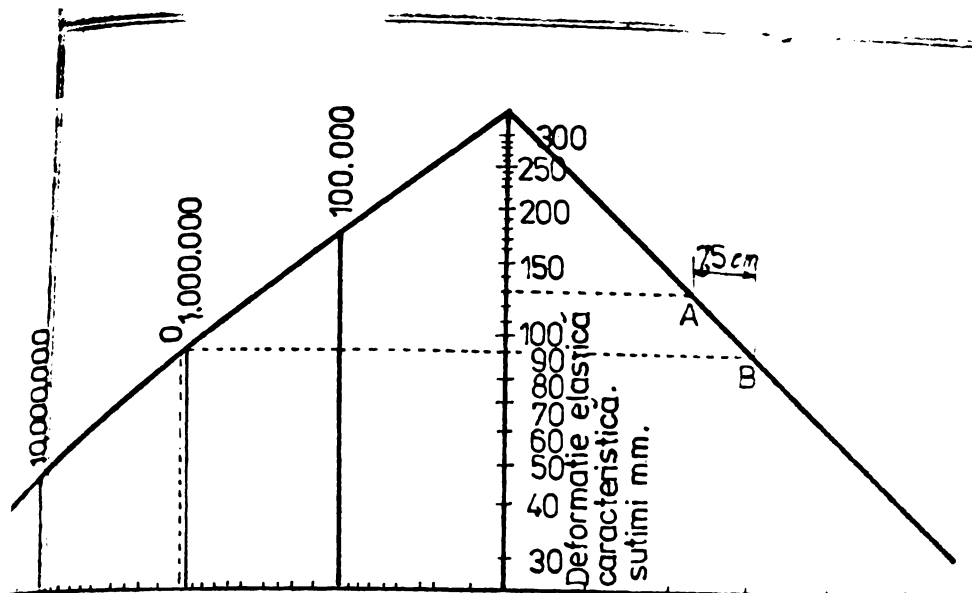
Principiile metodei constau în măsurarea deformabilității drumurilor cu sisteme rutiere nerigide potrivit instrucțiunilor tehnice în vigoare și aplicarea de noi straturi bituminoase în cazul cînd portanța pămîntului de fundație este corespunzătoare.

Grosimea straturilor necesare pentru ranforsare conform diagramei din fig. IV.1 în funcție de deflexiunea elastică caracteristică de a sectorului de drum și volumul traficului rutier de perspectivă exprimat prin numărul total de autovehicule etalon de calcul ( cu încărcarea pe osie din spate de 9,1 tf) pe o bandă de circulație și o anumită perioadă de perspectivă. [103]

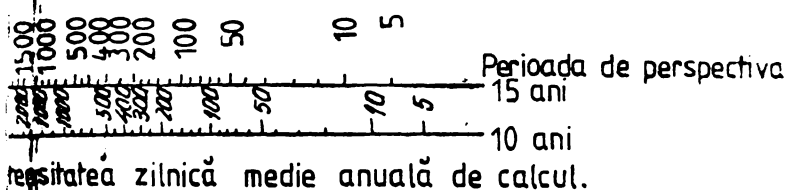
#### 1.2.2. Metoda de calcul bazată pe măsurătorile efectuate cu deflektograful Lacroix

Metoda se bazează și în acest caz pe măsurătorile

./.



măr total de vehicule 9,1tl pe o  
ndă de circulație pentru perioada  
perspectivă.



bandă de circulație la mijlocul perioadei de perspectivă)

1 Diagrama pentru stabilirea grosimii stratului de  
ranforsare din mixtură asfaltică.

grosimiile medii necesare pentru ranforsare.

Deflexiunea caracteristică rezultă ca urmare unui proces de prelucrare statistică matematică și măsurătorile de deflexiuni de regulă pe tronsoane de drum de 200 m lungime.

Tinând seama de aceste elemente precum și de influența condițiilor hidrologice asupra rezultatelor măsurătorilor cât și de acceptarea unui procent de suprafață subdimensionată sînt date grosimile de ranforsare în cm în tabelul IV.1.

Tabelul IV.1

| Mărimea deflexiunii caracteristice<br>l/100 mm | Intensitatea traficului rutier (MzA) în vehic.fizice |           |           |          |
|--|--|-----------|-----------|----------|
|  | peste 6000   | 3001-6000 | 1500-3000 | sub 1500 |
| 100-125  | 10   | -         | -         | -        |
| 125-150  | 10   | 8         | -         | -        |
| 150-200  | 15   | 10        | 8         | -        |
| 200-250  | studiu   | 15        | 10        | 8        |
| 250-300  | studiu   | studiu    | 15        | 10       |
| 300-325  | studiu   | studiu    | studiu    | 15       |

După cum se poate vedea din tabelul de mai sus, pentru grosimile rezultate din calcul mai mari de 15 cm se impune realizarea de studii speciale ale sectoarelor de drum respective.

privind deformația elastică a complexului rutier dar cu ajutorul deflectografului Lacroix.

Măsurătorile, înregistrarea rezultatelor și calculele privind grosimea necesară a straturilor rutiere bituminoase pentru ranforsare se efectuează pe baza prelucrărilor automate a datelor.

În funcție de deflexiunile caracteristice obținute la măsurători și a intensității traficului rutier se stabilesc prin instrucțiuni



Soluțiile tehnice și execuția lucrărilor proiectate sînt alese în funcție de metodele de calcul folosite și rezultatele acestora cît și de eficiența tehnico-economică și energetică a acestora.

În general se realizează una din următoarele soluții:

- aplicarea unui covor asfaltic pe îmbrăcămintea existentă;
- aplicarea unei noi îmbrăcăminți bituminoase în două straturi;
- introducerea unui strat de bază și aplicarea unei noi îmbrăcăminți bituminoase ;
- aplicarea unei noi îmbrăcăminți din beton de ciment în grosime de min.16 cm.

În toate cele patru soluții menționate mai sus pot fi avute în vedere o multitudine de variabile ce se pot lua în considerare în calculul tehnico-economic, variabile care se referă în principal la modul de constituire sau tipul de straturi rutiere alese, de exemplu :

- pentru stratul de uzură-beton asfaltic clasic, beton asfaltic cu gudron, mixtură asfaltică cu tratament simplu sau dublu, beton asfaltic cu mixtură recuperată, anrobat cu gudron cu tratament cu gudron, beton de ciment etc.

- pentru stratul de legătură, strat de legătură clasic, strat de legătură din mixtură recuperată, strat de legătură din mixtură asfaltică, din mixtură cu gudron etc ;

- pentru stratul de bază ; strat din anrobate bituminoase clasic, sau cu gudron , din piatră spartă penetrată cu bitum sau din straturi din balast sau nisip stabilizat cu zgură granulat de furnal, straturi din balast stabilizat cu tuf vulcanic etc.

Se poate observa că în funcție de elementele rezultate din calculul tehnico-economic cît și din posibilitățile de asigurare a materialelor pe plan local pot fi realizate o multitudine de combinații între aceste straturi rutiere de o asemenea manieră încît să corespundă în final scopului urmărit.

În acest sens în lucrare încearcă să se sistematizeze soluțiile posibile într-un proiect de catalog, soluții din care o parte au fost realizate în țara noastră, altele fiind propuneri pentru aplicare în viitor.

### 1.2.3. Proiectul de catalog de soluții de ranforsare a complexelor rutiere existente.

Proiectul de catalog elaborat privind sistematizarea unor soluții posibile de realizat și la care s-a ținut seamă de experiența acumulată de unitățile de execuție are în vedere următoarele elemente principale:

- capacitatea portantă a structurii rutiere existente care urmează a fi exprimată ipotetic în  $\text{daN/cm}^2$ ;
- capacitatea portantă suplimentară necesară pentru ranforsare exprimată în  $\text{daN/cm}^2$  în raport cu cerințele traficului;
- consumul energetic al soluțiilor propuse exprimate în  $\text{Kgcc/m}^2$ ;
- costul pe km de drum echivalent exprimat în lei/7000 mp.

Calculul grosimii straturilor de ranforsare a fost realizat pe baza modulelor de deformație existenți și necesari la traficul viitor probabil pentru o perioadă de 8-15 ani.

Costul lucrărilor a fost evaluat numai pentru lucrările necesare ranforsării părții carosabile, la prețul de catalog și nu include corecțiile la produsele de carieră și balastieră și nici lucrările conexe (terasamente, drenari, poduțe etc.).

Consumul energetic include atât energia încorporată în toate materialele utilizate cât și energia necesară preparării și punerii în operă a amestecurilor asfaltice sau betonelor de ciment în ipoteza aplicării metodei actuale de calcul.

Având în vedere cele de mai sus, se pot alege soluțiile de ranforsare cunoscând elementele enunțate mai sus cât și criteriile de comparație valorică și sus aspect energetic.

Se menționează că în ce privește dimensionarea ranforsărilor completelor rutiere existente sînt în curs de analiză și cercetare în țara noastră metodologii bazate pe modulii de elasticitate a straturilor existente și a celor noi cât și a materialelor constitutive.

Aceste metodologii sînt în considerare:

- tipul structurii rutiere existente
- capacitatea portantă a pământului de fundație exprimat prin modulele de elasticitate în funcție de tipul climatic și regimul hidrologic;
- traficul de calcul pe perioadă de perspectivă. În

ce privește vehiculul etalon de calcul se propune adoptarea aceluia avînd sarcina pe osie simplă de  $100 \text{ kN/axle}$  și care a fost adoptată de țările participante la construcția autostrazii Nord-Sud.

### 1.2.3.1. Criterii de dimensionare a ranforsarilor.

Pentru stabilirea grosimii necesare a straturilor de ranforsare au fost adoptate următoarele criterii de dimensionare:

a. efortul unitar radial de întindere de la baza straturilor de ranforsare din mixtură asfaltică trebuie să aibă o valoare mai mică decât valoarea admisibilă;

b. efortul unitar radial de întindere de la baza straturilor de ranforsare din agregate naturale stabilizate cu ciment trebuie să îndeplinească următoarea relație:

$$\sigma_{adm} \leq K R_t \quad [IV.1]$$

în care :

$R_t$  este rezistența la întindere sub sarcina unică

K - factor de bandă în funcție de trafic

0,75 trafic ușor

0,69 trafic f. greu

c. efortul unitar vertical la nivelul pământului de fundație trebuie să aibă o valoare mai mică decât valoarea admisibilă, care se calculează în funcție de modulul de elasticitate al pământului de fundație și în funcție de numărul de solicitări cu ajutorul relației:

$$T_{adm} = \frac{0,00346 t_0}{1 + 0,7 \log N} \quad [IV.2]$$

Aplicarea criteriilor de dimensionare a straturilor de ranforsare a drumurilor existente implică calculul stării de efort și de deformare a straturilor rutiere ranforsate.

Structura rutieră ranforsată este caracterizată de valorile modulului de elasticitate, de coeficientul lui Poisson și de grosimea straturilor rutiere conform ipotezelor de calcul astfel:

a) perioada de dezgheț, când straturile bituminose sunt caracterizate prin valori mari ale rigidității;

b) perioada de vară când straturile bituminose sunt caracterizate prin valori reduse ale rigidității.

Din punct de vedere al criteriului efortului unitar radial de întindere, admisibil în straturile bituminose, soluțiile optime de ranforsare în cazul, de exemplu, a unei îmbrăcămîți bituminose ușoare de 6 cm grosime pe o fundație de balast de 20 cm sunt prezentate în tabelul IV.2.

| dc<br>mm | CLASA DE TRAFIC |        |       |       |         |
|----------|-----------------|--------|-------|-------|---------|
|          | F. Greu         | Greu   | Media | Uşor  | F. Uşor |
| sub 1,6  | 11(17)          | 5(14)  | 5(11) | 5(5)  | 5(5)    |
| 1,6-2,0  | 11(17)          | 11(14) | 5(11) | 5(5)  | 5(5)    |
| 2,1-2,7  | 11(19)          | 11(17) | 5(14) | 5(5)  | 5(5)    |
| 2,8-4,0  | 14(19)          | 14(17) | 5(14) | 5(11) | 5(5)    |

În paranteze sînt grosimile în cazul amestecurilor asfaltice cu agregate naturale de balastieră.

Din tabelul IV.2 rezultă că grosimea necesară de ranforsare depinde de tipul amestecului utilizat în stratul inferior de ranforsare și de clasă de trafic.

### 1.3. METODA DE DIMENSIONARE BAZATĂ PE CRITERIUL DEFORMĂȚILOR ELASTICE MĂSURATE ÎN REGIM DINAMIC CU PIRGHIJA BENKELMAN TIP SOLITEST "

Metoda are două avantaje în plus față de cele descrise anterior și anume :

- a. măsoară deformațiile în regim dinamic (deci mai reale);
- b. măsoară deformația totală cit și pe cea elastică și remanentă. Deformația totală dt poate fi scrisă :

$$dt = de + dr \quad (IV.3) \text{ în care :}$$

de este deformația elastică  
dr - deformația remanentă  
deci deformația elastică va fi dată de formula

$$de = dt - dr \quad (IV.4)$$

care se aplică la dimensionarea ranforsării:

La aplicarea acesteia apar două situații și anume:

a. deformația remanentă este mică (sistemul rutier cu comportare bună în exploatare), deformația elastică este mare rezultînd o grosime de ranforsare mare și aceasta datorită ocnelor de deflexiuni elastice mari.

b. deformația remanentă este mare, deci sistemul rutier este cu comportare necorespunzătoare în exploatare, deformația elastică este mică și ca urmare grosimea de ranforsare mică, situație ce nu poate fi admisă.

Se apreciază deci a fi necesar ca dimensionarea să se facă pe baza deflexiunii totale. Cum diagramele cu grosimile de ranforsare sînt valabile numai pentru deformația elastică, se consideră de asemenea necesar să se adopte metodologia de calcul ce se aplică în cazul măsurătorilor cu deflectometrul Lacroix (ambele aparate măsurînd în regim dinamic). Metodele 1.1 și 1.2 dînd grosimea directă a stratului de ranforsare nu rezultă explicit aportul de consolidare al fiecărui strat în parte, acestea adoptîndu-se în mod constructiv (4).

#### 1.4. METODA DEFLEXIUNII ADMISIBILE BAZATA PE MODULUL DE ELASTICITATE A STRATURILOR RUTIERE

Prin această metodă se obțin modulele de elasticitate necesare și existente astfel:

$$E_{el.nec} = \frac{pD}{d_{adm.}} \quad [IV.5]$$

$$E_{el.exist.} = \frac{p \cdot D}{d_t} \quad [IV.6]$$

Avantajele acestei metode sînt:

- pe baza deformației totale ( măsurată cu Benkelman tip Soiltest ) se poate aprecia modulul de elasticitate existent;
- calculul grosimii straturilor rutiere necesare ranforsării s-ar putea face pe baza nomogramei prin aproximații succesive luîndu-se în calcul modulii de elasticitate a fiecărui strat în parte.

#### 2. UNELE PROPUNERI PRIVIND METODELE DE CALCUL A RANFORSĂRII COMPLEXELOR RUTIERE NERIGIDE EXISTENTE

Analiza critică a metodelor de dimensionare a ranforsărilor complexelor rutiere nerigide efectuată la nivelul Institutului de proiectări tehnologice în transporturi, IPTANA cît și la direcțiile de drumuri și poduri, a scos în evidență unele curențe ale acestor metode cît și unele propuneri și situații divergente expuse în anexa IV.6a.

##### 2.1. DIMENSIONAREA RANFORSĂRII SISTEMELOR RUTIERE NERIGIDE PE BAZA MĂSURĂRII DEFLEXIUNII ÎMBRĂCĂMINTEI FOLOSIND METODA INSTITUTULUI DE ASFALT SUA-AASHTO.

-Propuneri de experimentare în MSR-

Determinarea deformabilității drumurilor cu ajutorul deflectometrului Benkelman se face după principiile cunoscute. Deflexiunea îmbrăcămintei nerigide se măsoară sub o sarcină pe roată de 9000 livre ( 40 KN sau 4086 kg).

Măsurătorile de deflexiuni obținute se sectorizează în funcție de anumiți factori (profil transversal, tip de drenare, starea îmbrăcămintei etc ) și se ajustează în funcție de temperatura la care s-a efectuat măsurătorile folosind factori de ajustare stabiliți.

Ajustările nu sînt necesare în cazul în care măsurătorile de deflexiuni s-au efectuat toamna sau primăvara sau respectiv în perioadele critice.

După prelucrarea statistică din care rezultă o deflexiune reprezentativă aceasta împreună cu numărul de trafic proiectat ( DTM ) permit calculul grosimii de ranforsare, folosind

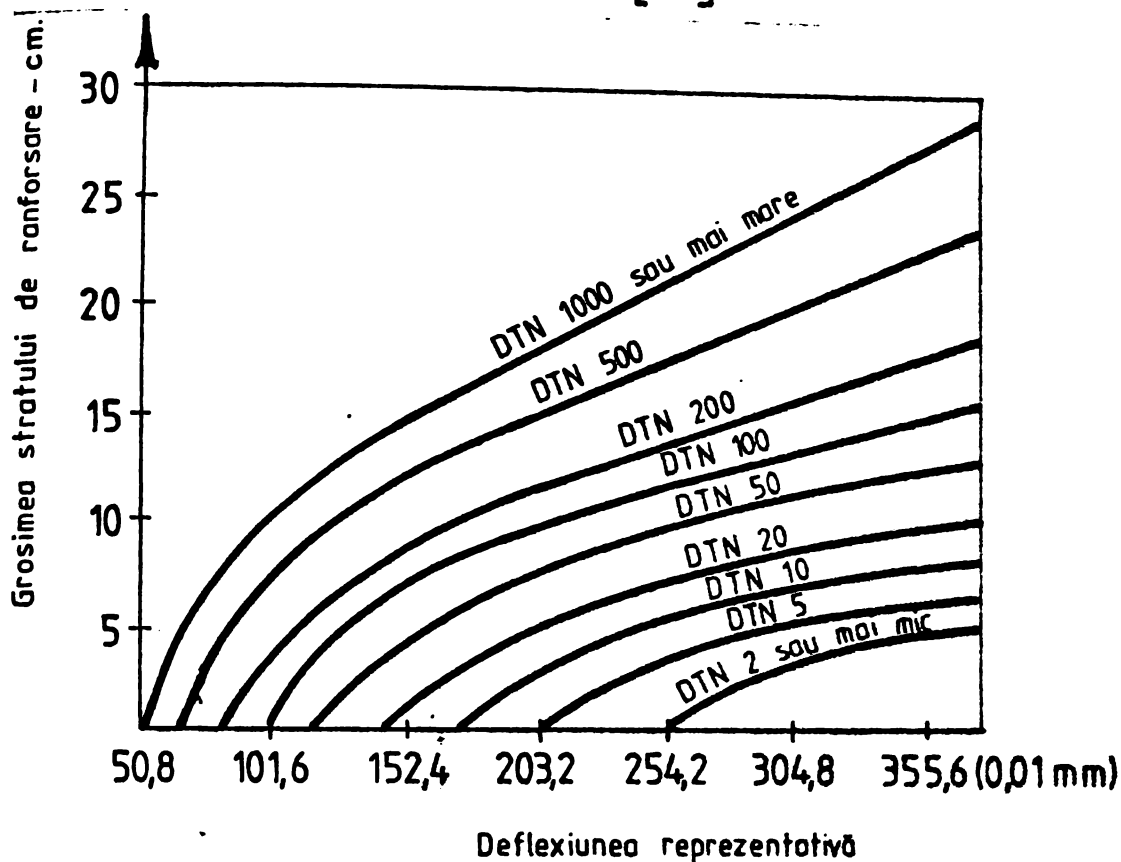


Fig. IV. 2. Diagrama de dimensionare a straturilor  
asfaltice de ranforsare conform  
Institutului de Asfalt - S.U.A.

DTN sau numărul  
de trafic pro-  
iectat este de-  
finit ca media  
zilnică a sar-  
cilor mono-  
axiale echiva-  
lente de 18000  
livre (9,1 tone)  
estimate pe o  
bandă de circu-  
lație pentru o  
perioadă de 20  
ani (DTN 20)

Determinarea  
DTN se face în  
următoarele  
etape :

- estimarea nu-  
mărului mediu

zilnic de vehicule în primul an după darea în exploatare a drumu-  
lui (IDT) care se calculează obișnuit pe baza recensământului de  
trafic și a coeficientului de evoluție pentru fiecare categorie  
de vehicule recensate;

- se calculează procesul de vehicule grele (A) în fluxul  
de circulație;

- se determină procentul de vehicule grele (B) pentru o  
bandă de circulație ( de regula de 50% pentru drumul cu două benzi  
de circulație);

- se estimează greutatea medie a vehiculelor grele din  
datele de trafic ce se face pe baza unei medii ponderate.

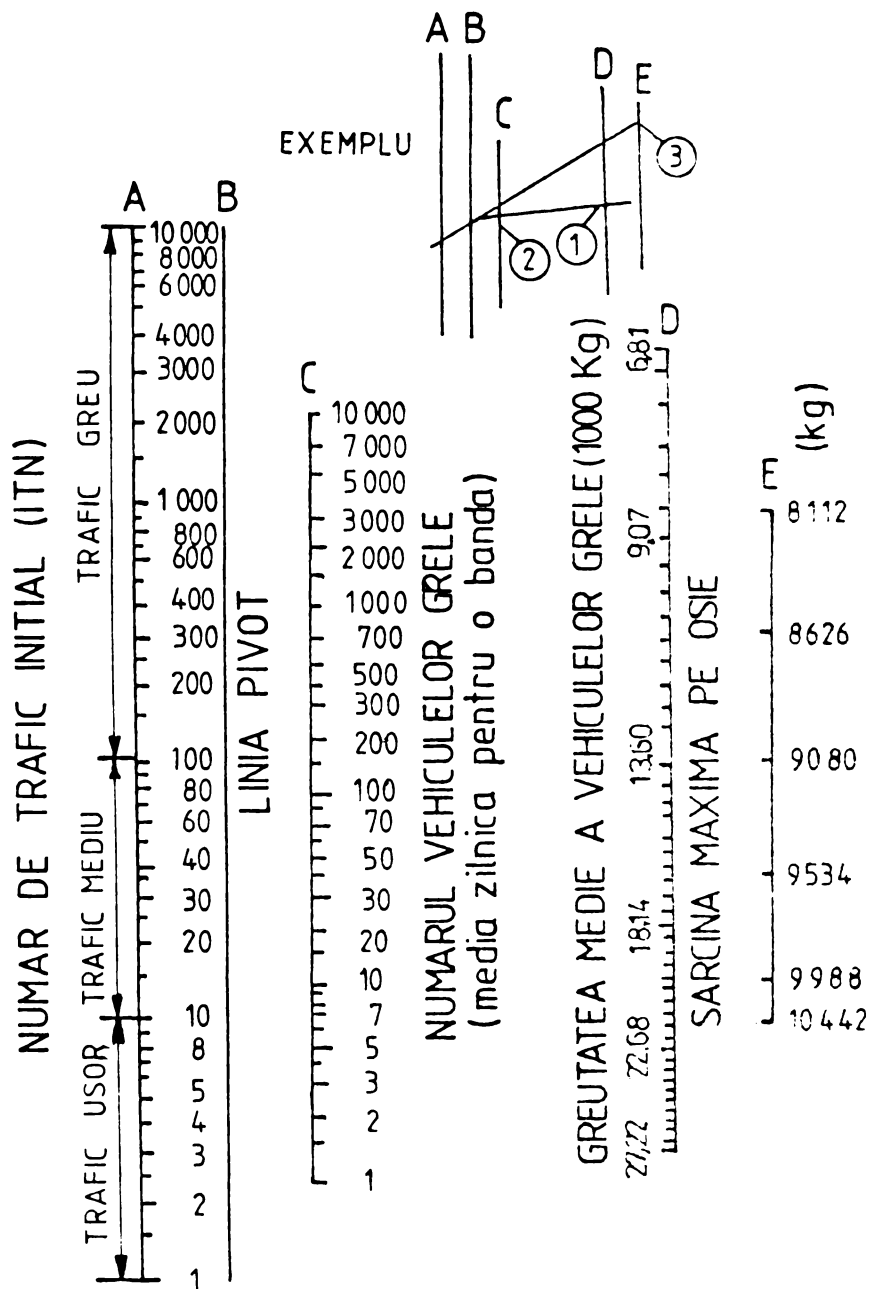
Greutatea medie în kg se transformă în livre pentru a  
se putea folosi nomogramele uzuale ( 1 kg = 0,454 livre).

- se stabilește sarcina maximă admisă ( pe ozie simplă)  
care potrivit Legii 43/1975 este de 10.000 kg respectiv 20.000  
livre;

- cu datele de mai sus se determină numărul de trafic  
inițial (ITN) folosind nomograma pentru analiza traficului astfel  
fig.IV.3;

- a) se intră în nomograma cu greutatea medie a vehiculu-  
lui greu (pe linia D) ;

- b) se fixează nr.mediu zilnic de vehicule grele estimat  
pentru o bandă de circulație- pe linia C.



o) se unesc punctele fixate pe liniile D și C cu o linie dreaptă ce se prelungeste pînă intersec-tează dreapta B într-un punct denumit pivot ;

d) pe dreapta E se fixează punctul corespun-zător sarcinii maxime admise ;

e) se unește acest punct cu punctul pivot de pe linia B cu o linie ce se prelungeste pînă se inter-sectează cu linia A;

f) se citește valoarea ITN în acest punct de inter-secție.

După obținerea acestei date se stabilește perioa-da de perspectivă în func-ție de tipul îmbrăcamin-tei rutiere și pe baza tabelului de mai jos se

Fig. IV.3. Nomograma de analiză a traficului

stabilește factorul de ajustare care înmulțit cu ITN se obține DTN 20 cu care se intră în nomogramă de dimensionare fig. IV.2.

$$DTN = ITN \times F = ITN \times \frac{(1+r)^n - 1}{20r} \quad [IV.7]$$

Tabela IV.3 Factori de ajustare pentru numărul de trafic inițial I.T.N.

| Perioada de perspectivă ani(n) | Rata anuală de creștere, procente(r) |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                                | 2                                    | 4    | 6    | 8    | 10   | 15   | 20   | 25   | 30    | 35    |
| 1                              | 0,05                                 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05  | 0,05  |
| 2                              | 0,10                                 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11  | 0,12  |
| 4                              | 0,21                                 | 0,21 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,27 | 0,29 | 0,31  | 0,33  |
| 6                              | 0,32                                 | 0,33 | 0,35 | 0,37 | 0,39 | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,63  | 0,72  |
| 8                              | 0,43                                 | 0,46 | 0,50 | 0,53 | 0,57 | 0,68 | 0,82 | 0,99 | 1,19  | 1,43  |
| 10                             | 0,55                                 | 0,60 | 0,66 | 0,72 | 0,80 | 1,02 | 1,29 | 1,66 | 2,13  | 2,73  |
| 12                             | 0,67                                 | 0,75 | 0,84 | 0,95 | 1,07 | 1,45 | 1,98 | 2,71 | 3,71  | 5,08  |
| 14                             | 0,80                                 | 0,92 | 1,05 | 1,21 | 1,40 | 2,02 | 2,95 | 4,34 | 6,39  | 9,38  |
| 16                             | 0,93                                 | 1,09 | 1,28 | 1,52 | 1,80 | 2,78 | 4,37 | 6,94 | 10,92 | 17,21 |
| 18                             | 1,07                                 | 1,28 | 1,55 | 1,87 | 2,28 | 3,79 | 6,41 | 10,9 | 18,57 | 31,48 |
| 20                             | 1,21                                 | 1,49 | 1,84 | 2,29 | 2,86 | 5,12 | 9,33 | 17,1 | 31,50 | 57,47 |

$$\text{Factor} = \frac{(1+r)^n - 1}{20 r}$$

[IV.8]

Referitor la această metodă propusă pentru experimentare pot fi enunțate unele critici, printre care amintesc:

- efectele din trafic funcție de sarcina pe osie nu pot fi departajate mai ales la grupa vehiculelor cu greutate "egală sau de peste 5 tone" întrucât acestea sînt socotite global;

- rata de creștere anuală este considerată constantă ceea ce practic nu se realizează;

- la dimensionare rezultă " grosimea totală de asfalt" care apoi se echivalează în diverse tipuri de straturi într-o structură echivalentă, procedeu care introduce în fapt unele aproximații;

- coeficienții de echivalare sînt restrînși și nu cuprind multe din situațiile practice;

- sarcina maximă admisă de 10 tone pe roată luată în calcul reprezintă o situație limită propusă și nu una reală statistică;

- verificarea la îngheț-dezghet ce se stabilește cu noțiunea " grosime combinată asfalt+strat de bază" se consideră cu totul aproximativă în condițiile existenței a unor variații mari ale conductibilității termice ale diverselor tipuri de straturi rutiere.

### 3. METODOLOGIA DE DIMENSIONARE A CANFORSAKILR CU BETON DE CIMENT A SISTEMELOR RUTIERE RIGIDE SI NERIGIDE.



### 3.1. STUDII PRELIMINARE

Ranforsările cu dale din beton de ciment pot fi aplicate atât pe îmbrăcăminti bituminoase cât și pe îmbrăcăminti din beton de ciment.

Studiul preliminar ce se elaborează în vederea ranforsării va cuprinse în mod obligatoriu:

- date cu privire la traseul și nivelul drumului (rambleu, debleu, profil mixt);
- nivelurile pânzei freatice;
- adâncimea de îngheț și regimul hidrologic al complexului;
- caracteristicile structurii sistemului rutier existent (alcătuire, grosimile straturilor, caracteristicile fizico-mecanice, compoziția granulometrică, caracteristicile îmbrăcămintelor bituminoase vechi sau a celor din beton etc);
- caracteristicile terenului de fundație (indice de plasticitate, compoziție granulometrică);
- intensitatea traficului ;

### 3.2. CONCEPTIA RANFORSARILOR

Ranforsările cu beton de ciment vor fi constituite dintr-o îmbrăcămintă din beton de ciment, alcătuită din dale de beton nearmate, de 4-6 m lungime.

Noua îmbrăcămintă poate fi pusă direct pe vechea îmbrăcămintă sau pe un strat de reprofilare.

În cazurile în care, cu ocazia ranforsărilor se execută lărgirea părții carosabile, trebuie luate măsuri de asigurare a stabilității fundației din zona lărgită prin executarea acesteia din materiale stabilizate cu ciment.

În cazurile în care este posibilă tasarea fundației părții lărgite, se va prevedea armarea dalelor în aceste zone pe o lățime de 0,80-1,0 m deasupra rostului dintre îmbrăcămintea existentă și fundația părții lărgite [176]

Armarea dalelor se va face cu oțel beton cu diametrul de 5...6 mm sub forme de plase de 0,80-1,0 m lățime și 5 m lungime.

Armătura se așază de regulă între stratul de uzură și cel de rezistență, când se lucrează în două straturi sau la 5-7 cm de suprafața îmbrăcămintei, în cazul execuției betonului într-un strat.

În cazul ranforsărilor executate pe sisteme rutiere nerigide, îmbrăcămintea din beton de ciment se execută direct pe îmbrăcămintea existentă, după repararea acesteia, cu excepția cazurilor în care este necesară rectificarea profilului longitudinal al drumului sau când îmbrăcămintea existentă este foarte degradată.

De asemenea îmbrăcămintea din beton poate fi așternută direct pe fundația reprofilată a drumului după ce în prealabil a fost recuperată îmbrăcămintea bituminoasă existentă.

În cazul ranforsărilor executate pe sisteme rutiere rigide la care se pune problema transmiterii fisurilor în noua îmbrăcămintă cît și cea a pompajului se procedează după cum urmează:

- pompajul sub dalele vechi se înlătură prin spargerea dalelor în bucăți de 1,0 x 1,0 m;
- fisurile pot fi înlăturate fie prin interpunerea între îmbrăcămintea veche și cea nouă a unui strat intermediar ( materiale stabilizate cu ciment sau mixturi asfaltice);
- prin suprapunerea rosturilor transversale ale îmbrăcăminții noi cu cele ale vechii îmbrăcăminți, calculul grosimii dalelor făcîndu-se considerînd dalele parțial aderente.

### 3.3. DIMENSIONAREA RANFORSĂRILOR

Metoda de calcul a ranforsării cu dale din beton de ciment se bazează pe stabilirea efortului de încovoiere admisibil în dală, în funcție de grosimea și rezistența la încovoiere a betonului dalei, pentru o sarcină și un teren dat.

Calculul dalelor se face ținînd seamă de omogenitatea sectoarelor, drumul respectiv împărțîndu-se în tronsoane cu caracteristici identice.

Metoda de calcul are la bază principiile fundamentale din STAS-ul 1339-68, care ia în considerare următorii factori:

- încărcarea maximă pe roată;
- acțiunea dinamică a încărcării;
- suprapunerea efectelor din trafic și temperatură;
- fenomenul de oboseală a betonului.

Condițiile de rezemare ale dalelor sînt determinante în comportarea în timp a ranforsării. Din această cauză suprafața îmbrăcăminții vechi are un rol deosebit în asigurarea uniformității de rezemare pe durata de exploatarea ranforsării.

Calculul grosimii dalelor se bazează pe ipoteza plăcilor elastice, rezemate continuu pe un mediu deformabil, supuse la încovoiere.

Drept vehicul etalon se consideră vehiculul cu sarcina pe osia din spate de 9,1 tf. avînd :

- sarcina pe roată 4550 tf.
- raza suprafeței de contact între roată și îmbrăcămintea (R) 17,0 cm

Pentru încărcarea maximă pe roată corespunzătoare celui mai greu vehicul care circulă pe drumul considerat în proporție de peste 5% din totalul autovehiculelor, se ia în considerare vehiculul cu sarcina pe osie din spate de 10 tf. avînd caracteristicile:

- sarcina pe roată 5000 tf.
- raza suprafeței de contact (R) 14,8 cm

Pentru a ține seamă de influența aplicării dinamice a sarcinilor mobile, sarcina maximă pe roată se multiplică cu un coeficient de impact avînd următoarele valori:

- = 1,2 pentru vehicul etalon cu sarcina pe osie din spate de 9,1 tf;
- = 1,15 pentru vehiculul cu sarcina pe osie din spate de 10 tf.

Caracteristicile betonului de ciment în funcție de marca betonului (rezistența la încovoiere și modulul de elasticitate) sînt date în tabelul IV.4.

Tabelul IV.4

| Caracteristicile betonului                                  | Marca betonului |         |         |         |
|---|-----------------|---------|---------|---------|
|   | B.300           | B.350   | B.400   | B.450   |
| Rezistența la încovoiere la 28 zile, în daN/cm <sup>2</sup> | 45              | 50      | 54      | 57      |
| Modulul de elasticitate (E) în daN/cm <sup>2</sup>          | 270.000         | 280.000 | 295.000 | 310.000 |

Rezistența admisibilă la încovoiere a betonului ( $R_{ti}$ ) se determină din valoarea rezistenței la încovoiere la 28 zile ( $R_{ti}^{28}$ ) date în tabelul de mai sus, prin aplicarea unui coeficient de reducere "n" care ținea seamă de fenomenul de oboseală la care este supusă dala prin trecerea repetată a încărcărilor mobile, conform relației:

$$R_{ti} = n \cdot R_{ti}^{28}$$

[IV.9]

valoarea lui "n" este variabilă funcție de intensitatea traficului conform tabelului IV.5

| Tabelul IV.5  |      |
|---|------|
| Număr de vehicule de calcul cu sarcina pe osia din spate de 9,1 tf. în 24 ore | n    |
| sub 50 . . . . .  | 0,70 |
| 50-300 . . . . .  | 0,65 |
| peste 300. . . . .  | 0,60 |

În cazul când dala de beton se așază pe un strat executat din material granular stabilizat cu lianți, coeficientul "n" se măsoară cu 1,05.

Pentru verificare la trecerea vehiculelor grele izolate cu luarea în considerare și a eforturilor unitare maxime din temperatură, se adoptă  $n=0,90$  valoarea modulului de elasticitate al betonului pentru încărcări de lungă durată ( $E'$ ) necesară verificării dalei la solicitările care apar din variațiile de temperatură, se consideră 50% din valoarea modulului de elasticitate din tabelul IV.4.

În cazul în care ranforsarea din beton se execută în două straturi, în calcule se vor introduce caracteristicile betonului corespunzător stratului în care apar eforturi de întindere (stratul inferior în cazul încărcării pe centru și la marginea dalei; stratul superior în cazul încărcării pe colț).

Calculul grosimii dalelor se face considerând acțiunea simultană a încărcărilor din trafic și a diferențelor de temperatură ce apar între fața superioară și inferioară a dalei în următoarele două ipoteze de solicitare suprapuse:

- a - acțiunea repetată a vehiculului de calcul:
  - cu sarcina pe osia din spate de 9,1 tf.;
  - solicitarea medie din temperatură;
- b - acțiunea izolată a celui mai greu vehicul care circulă pe drumul solicitat în proporție de peste 5%, respectiv vehiculul cu sarcina pe osia din spate de 10 tf.

Modulul de deformație ( $E_0$ ) al mediului liniar deformabil pe care reazemă dala de beton se stabilește în funcție de:

- caracteristicile terenului de fundație ;
- tipul climatic
- regimul hidrologic

În funcție de caracteristicile materialelor din care sînt alcătuite straturile sistemului rutier existent, se sta-

bilesc valorile modulelor de deformare ale acestora anexa IV.7, tabelul 1 și 2 ).

Valorile modulelor de deformare obținute pentru structurile constituante ale sistemului rutier existent se majorează de 3 ori pentru a ține seamă de efectul de repartizare a încărcăturii prin dala de beton.

Cu ajutorul diagramei din anexa IV.8 se obține modulul de deformare echivalent ( $E_0 \text{ ech}$ ) la nivelul superior al sistemului rutier luând în considerare, succesiv, sisteme bistrat

### 3.3.1. Calculul se conduce astfel:

Grosimea dalei de beton se calculează considerând că încărcarea se aplică în trei puncte : în mijloc, la marginea dalei și pe colț, folosind relația:

$$h = \sqrt{\frac{\alpha \cdot f \cdot p}{R_{ti}}} \quad [IV.10]$$

în care :

$h$  = grosimea dalei în cm;

$\alpha$  = coeficientul care ține seamă de poziția sarcinii  $P$  în planul dalei, la mijloc, la marginea și pe colț cât și de doi parametri și anume :

- raportul  $h/R$ , dintre grosimea dalei ( $h$ ) în cm și raza suprafeței de contact între roată și îmbrăcăminte ( $R$ ) în cm;

- raportul  $E/E_0$  dintre valoarea modulului de elasticitate al betonului ( $E$ ) în  $\text{daN/cm}^2$  și cea a modulului de deformare al îmbrăcăminții bituminose vechi ( $E_0$ ) în  $\text{daN/cm}^2$ .

$f$  = coeficient de impact a cărei mărime este de 1,2 pentru vehiculul cu sarcina pe osia spate de 9,1 tf și de 1,15 tf vehiculul cu sarcina pe osie spate de 10 tf.

$p$  = sarcina pe roată a vehiculului de calcul în kgf ( respectiv 9,1 tf osie spate în acțiune repetată și 10 tf osie spate în acțiune izolată.

$R_{ti}$  = rezistența admisibilă a betonului la încovoire în  $\text{daN/cm}^2$  conform relației  $R_{ti} = n R_{ti}^{28}$  menționată în tabelul IV.4 și tabelul IV.5

În raport cu acești parametri, din anexa IV.9 se aleg valorile corespunzătoare ale lui  $\alpha$ .

Verificarea dalei la solicitările combinate din trafic și modificările de temperaturi se face cu relația:

$$\max. = \sqrt{1 + 0,8 C} \sigma \leq R_{ti} \quad [IV.11]$$

./.

în care :

$\sigma_i$  - este efortul unitar de încovoiere rezultat din încărcarea autovehiculelor;

$\sigma_t$  - efortul unitar de încovoiere ca urmare diferențelor de temperatură dintre fețele dalei;

C - factor de corecție pentru a ține seamă de combinația dintre eforturi;

(C = 0,65 în cazul solicitării medii de temperatură);

C = 1,0 în cazul solicitării maxime de temperatură)

Efortul unitar de încovoiere datorită încărcărilor din trafic se calculează cu relația:

$$\sigma_1 = \frac{\alpha \cdot \phi \cdot P}{h^2} \quad [IV.12]$$

în care : h = grosimea dalei în cm

$\alpha$  = valoarea coeficientului conform anexei IV.9 pentru cele trei poziții de aplicare a sarcinii P.

Eforturile unitare de întindere care se produc din cauza diferențelor de temperatură dintre fețele dalei, se determină cu relațiile:

- la mijlocul dalei:

$$\sigma_{t1} = \frac{\alpha' \cdot t \cdot E'}{2} \cdot \frac{Cx +}{1 - \mu^2} \quad [IV.13]$$

- la marginea dalei:

$$\sigma_{t2} = \frac{\alpha' \cdot t \cdot E'}{2} \cdot Cx \quad [IV.14]$$

- în colțul dalei:

$$\sigma_{t3} = \frac{\alpha \cdot t \cdot E'}{3(1 - \mu)} \cdot \sqrt{\frac{a}{I}} \quad [IV.15]$$

în care :

$\alpha'$  = 0,0001 - coeficient de dilatare termică a betonului

t = 0,67 h - diferența de temperatură între fața superioară și inferioară a dalei ( t în °C iar h în cm)

E' = modulul de elasticitate al betonului pentru încărcare de lungă durată ;

$\mu$  = 0,15 - coeficientul lui Poisson

a = R 2 - distanța între centrul dalei și colțul acesteia, în cm.

./.

$C_x, C_y$  - coeficientul care se determina din graficul din fig.IV.4 și depind de raportul  $L_x/I$  și  $l_y/I$ ;

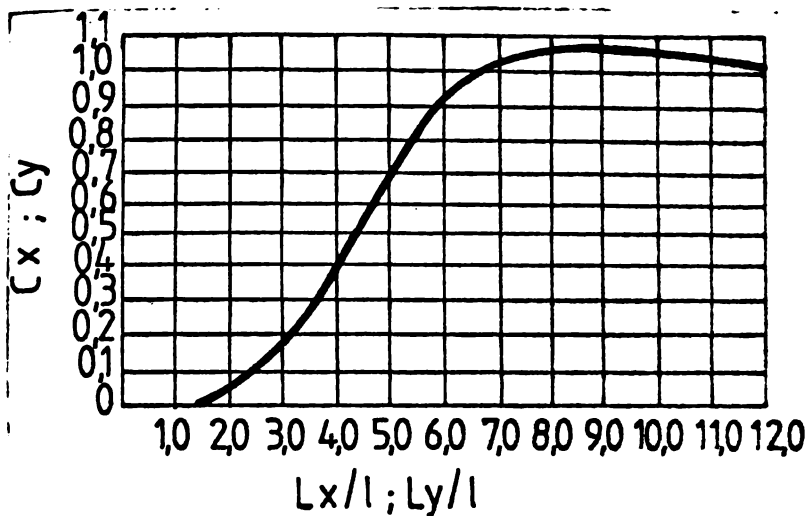


Fig. IV.4. Nomograma pentru determinarea parametrilor  $C_x$  și  $C_y$ .

$L_x$  = lungimea dalei între rosturile de contracție în cm;

$l_y$  = lățimea dalei, în cm;

$I = 0,6h \sqrt[3]{\frac{E}{E_0}}$  - raza rigidității relative a dalelor în cm;

### 3.3.2. Succesiunea operațiilor de calcul

Calculule se efectuează prin aproximații succesive, astfel:

- se stabilesc :

- intensitatea traficului de calcul, caracteristicile vehiculului de calcul, coeficientul de impact și încărcarea maximă pe roată;
- caracteristicile betonului:  $R_{ti}$ ,  $E$  și  $E'$ ;
- modulul echivalent al complexului rutier existent.

- se alege în mod arbitrar o grosime de dală "  $h$  " și se calculează rapoartele  $h/R$  și  $E/E_0$  pe baza cărora se extrage din tabel coeficientul (în cazul aplicării sarcinii în mijlocul dalei).

- se calculează grosimea dalei în mijloc cu relația:

$$h = \sqrt{\frac{K \cdot P}{R_{ti}}} \quad [IV.16]$$

- când grosimea rezultată diferă de cea aleasă, se recalculază raportul  $h/R$  și se repetă operațiile pînă cînd valoarea calculată pentru  $h$  coincide cu valoarea inițială.

În mod similar se calculează grosimea dalei la margine și la colț, determinîndu-se coeficienții și ;

Dintre cele 3 valori ale grosimii (rotunjite la cm întregi) se alege cea mai mare și care nu trebuie să fie mai mică de 16 cm.

Se trece apoi la calculul de verificare privind acțiunea simultană a încărcăturilor din trafic și a eforturilor produse de diferențele de temperatură care se produc între fața superioară și inferioară a dalei - se consideră că dala corespunde numai dacă sînt satisfăcute relațiile de la pct.IV.10-IV.15 pentru toate cele 3 tipuri de încărcări.

În cazul nesatisfacerii formulelor se procedează fie la mărirea grosimii fie la micșorarea distanței între rosturi.

### 3.4. DIMENSIONAREA RANFORSĂRII CU DALE DIN BETON DE CIMENT A SISTEMELOR RUTIERE RIGIDE

Metoda de dimensionare diferă de cea expusă pentru ranforsarea sistemelor rutiere nerigide și se bazează pe formule ce țin seamă de aderența între îmbrăcămintea veche și cea nouă din beton de ciment.

- În cazul în care între îmbrăcămintea veche și cea nouă de beton de ciment se interpune un strat intermediar pentru a separa cele două dale, efectul grosimii dalei existente este redus, în acest caz dalele sînt neaderente, caz în care se aplică formula:

$$HR = \sqrt{H^2 - c Ho^2} \quad [IV.17]$$

- În cazul în care îmbrăcămintea nouă din beton de ciment se execută direct pe betonul vechi, fără strat de separație, dalele sînt parțial aderente și se aplică relația:

$$HR^{1,4} = \sqrt{H^{1,4} - c Ho^{1,4}} \quad [IV.18]$$

și cele noi se aplică formula:

$$HR = \sqrt{1.13 H^{1.87} - c Ho^2} \quad [IV.19]$$

în care : HR este grosimea ranforsării ( în cm)

H grosimea echivalentă a îmbrăcăminții din beton de ciment a sistemului rutier rigid nou ;

Ho grosimea dalei de beton existentă ;

c factor ce ține seama de starea de fisurare a îmbrăcăminții existente ;

c = 1 îmbrăcămintea existentă în stare bună ;

c = 0,75 îmbrăcămintea existentă cu fisuri, fără degradări generalizate ;

c = 0,35 îmbrăcămintea existentă în stare rea, foarte fisurată ;

Grosimea " H" a unei îmbrăcăminți noi din beton care se introduce în relațiile de mai sus se poate stabili în două moduri:

a - prin dimensionarea unui sistem rutier rigid nou conform prevederilor STAS 1339-68 cap.4 și 5 pentru traficul de calcul stabilit pentru ranforsarea sectorului de drum luat în considerare

b - prin adoptarea grosimii admise în catalogul de structuri rutiere tip, pentru sisteme rutiere rigide, în funcție de clasa de trafic în care

./.



se încadrează sectorul propus pentru ranforsare  
(proiect tip DS 83/A1 sau DS 83/A2)

Pentru calculul grosimii îmbrăcămintei din beton de ciment aplicat în cazul ranforsării unui sistem rutier rigid (HR) se pot utiliza relațiile de mai sus IV.17-19 sau curbele din ane-  
xele IV.10-IV.12:

În cazul în care grosimile rezultate din aplicarea formulelor de mai sus, rezultă mai mici de 16 cm grosimea ce se adoptă va fi de min.16 cm deoarece la această grosime de dală influența gradului de degradare a îmbrăcăminții existente este fără efect asupra stratului de ranforsare.

Grosimea minimă de 16 cm se justifică și prin faptul că dalele neaderente sau parțial aderente de grosimi mai mici de 16 cm, pot flamba sub acțiunea unor factori: cum ar fi:

- momentele încovoietoare datorită gradientelor termice sau de umiditate;
- neomogenitatea betonului
- denivelările îmbrăcămintei vechi etc

În consecință, grosimea ranforsării (HR) va fi cea rezultată din calcul dar nu mai mică de 16 cm.

Grosimea dalei de beton admisă în catalogul de structuri rutiere tip pentru sisteme rutiere rigide noi, în funcție de clasa de trafic în care se încadrează sectorul ranforsat este menționat în tabelul IV.8.

Tabelul IV.8

| Nr. crt. | Clasa de trafic | Clasa de vehicule etalon A.13 | Număr stratouri | Grosimea dalei de beton nou (H) în cm |  |
|----------|-----------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------------------|--|
|          |                 |                               |                 | Pt. E. 350 uzură B 300 rezistentă     | Pt. E. 450 în strat uzură și B. 400 în stratul de rezistență |
| 1.       | Ușor            | 150                           | 1               | 18                                    | 17   |
|          |                 |                               | 2               | 19                                    | 18   |
| 2.       | Mediu           | 700                           | 1               | 20                                    | 18   |
|          |                 |                               | 2               | 21                                    | 18   |
| 3.       | Greu            | 2500                          | 1               | 21                                    | 19   |
|          |                 |                               | 2               | 22                                    | 20   |
| 4.       | G. Greu         | 6500                          | 1               | 25                                    | 23   |
|          |                 |                               | -               | -                                     | -  |

./.

### 3.5.EFICIENȚA TEHNICO-ECONOMICĂ A SOLUȚIILOR

Printre avantajele evidente ale ranforsării pot fi enumerate:

- reducerea unor lucrări ( denivelarea straturilor vechi, evacuarea și depozitarea materialelor rezultate, executarea de noi straturi de fundații etc ) ;
- păstrarea intactă a structurii vechiului sistem rutier ;
- permite utilizarea largă a materialelor locale;
- durata de exploatare a îmbrăcămintei este în medie cu 10 ani mai mare ca a îmbrăcămintelor bituminoase;
- oferă o aderență sporită a pneurilor la circulație cu viteză mare ;
- sînt rezistente la călduri mari și de asemenea la temperaturi scăzute;
- se pot executa în condiții foarte bune pe timp umed și la temperaturi pînă la +5 °C.

Din punct de vedere economic, din tabelul IV.9 rezultă economiile de fonduri materiale și energetice ce se realizează în comparație cu soluția etalon de ranforsare cu beton asfaltic pe strat de legătură și strat de bază.

Tabelul IV.9

| INDICATORII ECONOMICI  | Soluția etalon | Soluția nouă cu beton de ciment de 16 cm grosime | Diferențe | Cheltuielile de exploatare aferente ranforsării cu beton de ciment atît după o perioadă de 15 ani (durata de exploatare a structurilor rutiere |
|--|----------------|--|-----------|--|
| Cost catalog prețuri 1982 fără corecții și fără încheiere deviz, mii lei/km drum | 588,0          | 567,0  | -21,0     |  |
| Consum ciment t/km   | -              | 405,0  | +405,0    |  |
| Consum bitum t/km  | 132,3          | 2,6  | -129,7    |  |
| Consum energetic Kgcc/m <sup>2</sup>   | 48,0           | 14,0   | - 34,7    |  |
| Consum energetic tcc/km  | 336,0          | 98,0   | -238,0    |  |

nerigide), sînt mai mici decît în cazul ranforsării cu îmbrăcăminte bituminoasă după cum rezultă din tabelul IV.10.

Tabelul IV.10

| Cheltuieli de exploatare | Soluția de etalon (îmbrăcăm. bituminoasă) | Ranforsare cu beton de ciment | Diferențe |
|--------------------------|---|-------------------------------|-----------|
| după 15 ani, în mii lei  | 731                                       | 136                           | -395      |
| după 24 ani, în mii lei  | 801                                       | 156                           | -645      |

### 3.6. ASPECTE TEHNICO-ECONOMICE PRIVIND RECUPERAREA SI REFOLOSIREA MIXTURILOR ASFALTICE EXISTENTE IN CAZUL RANFORSARII CU DALE DIN BETON DE CIMENT

Calcululele economice și energetice efectuate în mai multe ipoteze au pus în evidență faptul că în general din punct de vedere economic nu este avantajos să se execute decaparea îmbrăcămintei bituminoase, aceasta se poate vedea detaliat în anexa IV.13 în care cheltuielile în plus pe km sînt de 174.000 lei.

Din punct de vedere energetic ( anexele IV.14-IV.16) în majoritatea cazurilor este avantajos să se recupereze mixtura asfaltică veche cu îndeplinirea unor condiții ce sînt menționate în continuare.

Din tabelul exemplu pentru DDP Timișoara și Cluj rezultă:

Costurile și energia înglobată  
pentru betonul de ciment și mix-  
tura bituminoasă

Tabelul IV.11

| Indicatorul      | Dală de beton de ciment |       |         |         | Mixtură asfaltică      |         |                           |         |        |        |
|------------------|-------------------------|-------|---------|---------|------------------------|---------|---------------------------|---------|--------|--------|
|                  | 18 cm                   | 20 cm | 20 cm   | 23 cm   | Cu material re-cuperat |         | Mixt. asfalt. cu mat. nou |         |        |        |
|                  | DDP Cluj                |       | DDP Ia. |         | DDP Cluj               | DDP Ia. | DDP Cluj                  | DDP Ia. |        |        |
|                  | 1.                      | 2.    | 3.      | 4.      | 5.                     | 6.      | 7.                        | 8.      | 9.     | 10.    |
| Cost             | lei/m <sup>2</sup>      |       | 164     | 182     | 161                    | 190     | 33                        | 27      | 30     | 30     |
|                  | lei/km                  |       | 984000  |         | 1208000                |         | 198000                    | 186     | 18000  | 208    |
|                  |                         |       |         | 1092000 |                        | 1425000 |                           |         |        |        |
| Consum energetic | kwh/m <sup>2</sup>      |       | 180     | 204     | 193                    | 231     | 70                        | 61      | 84     | 84     |
|                  | kwh/m <sup>2</sup>      |       | 1080000 |         | 1447500                |         | 420000                    |         | 504000 |        |
|                  |                         |       |         | 1224000 |                        | 1732500 |                           | 457500  |        | 630000 |

Pentru punerea în practică a recuperării și refolosirii mixturii asfaltice trebuie avute în vedere a serie de condiții și anume:

- în prima etapă- respectiv la execuția decapării- rezultă un volum de lucrări în plus ce conduc la un cost suplimentar de circa 90.000 lei/km și un consum de energie de 9-13 tone motorină/km (anexa IV.17);

- materialul decapat nu poate fi pus în operă imediat după recuperarea și uneori necesită a fi transportat la distanțe mari cu depozitare de lungă durată și depreciere calitativă a ea;

./.

- tehnologia de recuperare și refolosire a îmbrăcămintei bituminoase vechi și utilajele necesare acestui proces tehnologic nu sînt încă realizate și omologate;

- după decaparea straturilor bituminoase este necesară completarea sistemului rutier, reprofilarea, compactarea și asigurarea unei suprafețe corespunzătoare pe care se va așterne noua îmbrăcămintă;

- grosimile reduse ale actualelor îmbrăcăminți bituminoase ușoare pe o mare parte din rețea conduc practic la imposibilitatea recuperării avantajoase a mixturilor asfaltice respective.

În concluzie, ținînd seamă de cheltuielile mari în plus pe km de drum precum și de consumul de motorină ce necesită a fi investit în aceste lucrări fără a avea posibilitatea recuperării imediate a acestei energii, se propune ca recuperarea îmbrăcăminților asfaltice existente să se studieze de la caz la caz, în cadrul fiecărui proiect de ranforsare și să se aplice numai dacă consumurile energetice pot fi recuperate concomitent cu execuția lucrării în cauză.

### 3.7. CONCLUZII

Metodele de dimensionare a ranforsării complexelor rutiere bazate pe modulul de deformare echivalent al complexului rutier cît și cea bazată pe măsurarea deflexiunilor cu deflectometrul Benkelman și deflectograful Lacroix au fost și pot fi utilizate în continuare în calculele de stabilire a grosimii ranforsărilor dar numai în anumite limite ale parametrilor așa cum s-a precizat în prezentul capitol.

Este de remarcat că și măsurătorile efectuate cu deflectograful Benkelman tip " Soiltest " în regim dinamic nu aduce avantaje substanțiale în definirea calculului și a straturilor de ranforsare din mixtură asfaltică.

Ținînd seamă de aceste considerente am apreciat, ca urmare rezultatelor obținute pe plan mondial că este necesar și oportun să se adopte pe deoparte unele îmbunătățiri ale actualelor metode și să se experimenteze calculul de dimensionare bazat pe modulul de elasticitate al complexului rutier supus ranforsării ținînd seamă de deformarea de întindere admisibilă la baza stratului îmbrăcăminții bituminoase.

Totodată consider că este oportun să se realizeze în paralel experimentarea dimensionării ranforsării complexelor rutiere folosind metoda Institutului de Asfalt SUA-AASHTO pe

baza măsurării îmbrăcămintei.

Având elementele de experimentare și datele statistice rezultate, vor putea fi realizate comparațiile și stabilite corectivele pentru fiecare din metodele enunțate.

Ultima metodă respectiv a Institutului de Asfalt SUA oferă posibilitatea aplicării ei mai rapide în condițiile țării noastre, fără a fi necesare studii ample pentru fundamentarea unor parametri de calcul.

Consider de asemenea de o deosebită importanță aplica-rea metodologiei de dimensionare a ranforsărilor cu beton de ciment a sistemelor rutiere rigide și nerigide în contextul actua-lei crize a petrolului și care a determinat extinderea pe scară largă a ranforsărilor cu beton de ciment.

CAPITOLUL V-TEHNOLOGII NOI PENTRU RANFORSAREA  
COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE ÎN  
CONDITIILE ECONOMISIRII MATERIALELOR  
ENERGO-INTENSIVE

SECTOARE EXPERIMENTALE REALIZATE ÎN R.S.R.

Problema ranforsării complexelor rutiere existente a traversat de-a lungul anilor etape a căror rezolvare a fost impusă de regulă de creșterea traficului rutier și în special a traficului greu. Se cunoaște că în majoritatea țărilor lumii printre care și țara noastră s-a procedat pe măsura creșterii traficului la asigurarea unor straturi bituminose de ranforsare de grosimi din ce în ce mai mari pentru a satisface moduli de deformație necesari în etapa de perspectivă luată în calcul.

Apariția în ultimii ani a dificultăților generate de criza petrolului a pus în fața specialiștilor problema găsi-rii unor noi soluții și tehnologii de ranforsare a complexelor rutiere existente care să înlocuiască în oît mai mare măsură materialele energo-intensive, în mod special bitumul.

## 1. CONSIDERATIUNI PRIVIND EVOLUTIA MODULUI DE REALIZARE A RANFORSARI

Atît timp cît cerințele de rânforsare s-au menținut în jurul a 10 cm grosime straturi bituminoase, realizarea straturilor rutiere a putut respecta structura din STAS 174/1973 și anume, beton asfaltic, strat de legătură și strat de bază din mixtură asfaltică, în grosimile standardizate.

Pentru a conferi caracteristici mecanice deosebite, stratul de legătură și de bază se execută de regulă din materiale concasate provenite din produse de carieră și balastieră.

Cerința crescîndă de la an la an de mixtură asfaltică în țara noastră a impus canalizarea eforturilor spre sporirea capacităților de producție fapt care s-a concretizat prin dotarea șantierelor cu instalații LPX, dispunîndu-se la ora actuală de 120 instalații de acest gen.

Așternerea se realizează folosind răspînditoare de mare productivitate astfel că practic, la nivelul anului 1983 toate instalațiile de preparare de mixturi asfaltice de tip LPX sînt deservite de aceste răspînditoare.

În perspectivă, nivelul cerinței de rânforsare va crește atît datorită exigențelor de dimensionare ca urmare creșterii sarcinii pe osie cît și datorită faptului că multe sectoare din noile drumuri naționale provenite din rețeaua drumurilor locale au capacitatea portantă mult sub nivelul necesar ( pînă la 300 daN/cm<sup>2</sup>) în timp ce capacitatea proiectată necesară atinge frecvent valori caracteristice unui trafic greu respectiv moduli de deformare de 650-800 daN/cm<sup>2</sup>.

Deficitul de portanță de 300-400 daN/cm<sup>2</sup> generează cantități mari de mixtură, uneori peste 4000 t/km lucru deosebit de important atît din punct de vedere al capacităților de producție, al asigurării cu materiale cît și al tehnicii de execuție.

Atenția specialiștilor s-a îndreptat către găsirea de noi tehnologii pentru stratul de bază și chiar pentru straturile superioare ( de legătură și de uzură) la acestea din urmă cercetîndu-se soluții pentru obținerea de performanțe în ce privește adezivitatea și rugozitatea, cerință modernă a siguranței traficului.

Printre tehnologiile noi folosite la rânforsare în ultimii ani la realizarea straturilor de bază, de legătură și de uzură se pot aminti cele cu o arie mai largă de aplicare, astfel:

./.

**2. UTILIZAREA LA RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE  
A STRATURILOR DIN MATERIALE GRANULARE STABILIZATE  
CU ZGURA GRANULATA DE FURNAL INALT.**

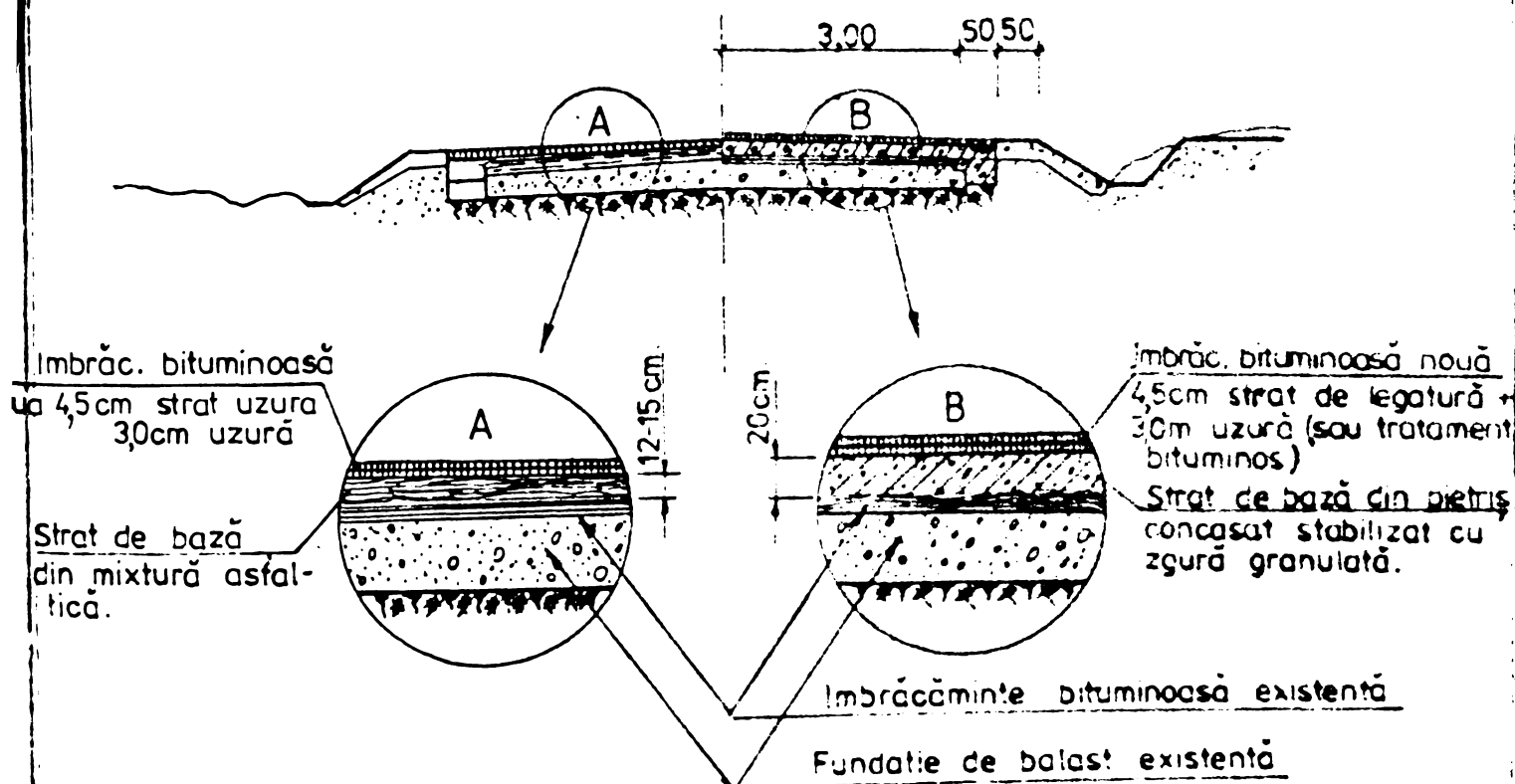
**SECTOARE EXPERIMENTALE**

Această tehnologie a fost experimentată și se aplică cu succes pe multe din tronsoanele de drumuri publice pe care se execută ranforsări.

Așa cum se cunoaște zgura granulată poate fi utilizată la stabilizarea agregatelor naturale (balast, piatră spartă, nisipuri), folosite în straturi de fundație sau straturi de bază, la toate categoriile de drumuri. Soluția poate fi utilizată cu rezultate foarte bune și la ranforsarea sistemelor rutiere, înlocuind straturile anrobate executate cu lianți bituminoși (fig.V.1)

De asemenea zgura poate fi folosită ca agregat mineral la fabricarea mixturilor asfaltice pentru straturi de bază sau de legătură, aceasta numai după sortarea și concasarea la dimensiunile impuse prin dozaje de fabricație.

În toate cazurile arătate mai sus, folosirea zgurilor este posibilă numai după un studiu în laborator cu privire la caracteristicile fizico-mecanice a acestora cât și pentru stabilirea amestecului și dozajelor optime.



A. Cu strat de bază din mixtură asfaltică.

B. Cu strat de bază din piatră concasat stabilizat cu zgură  
de la C.S. Galati.

Fig.V.1. Ranforsarea sistemului rutier pe DN. 28. IASI - ALBITA

## 2.1. INCERCARI SI EXPERIMENTARI REALIZATE.

Incercările și studiile efectuate în laborator au fost orientate în scopul stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ale zgurilor, a realizării unor amestecuri optime ținând seama de agregatele minerale de care se dispune cât și de comportarea acestor amestecuri în diferite straturi rutiere.

În funcție de rezultatele obținute pe epruvete la diverse amestecuri și dozaaje, s-au determinat intervalele granulometrice optime prezentate în fig.V.2. În fig.V.3 se dau rezultatele rezistențelor la compresiune funcție de mătura agregatului natural utilizat.

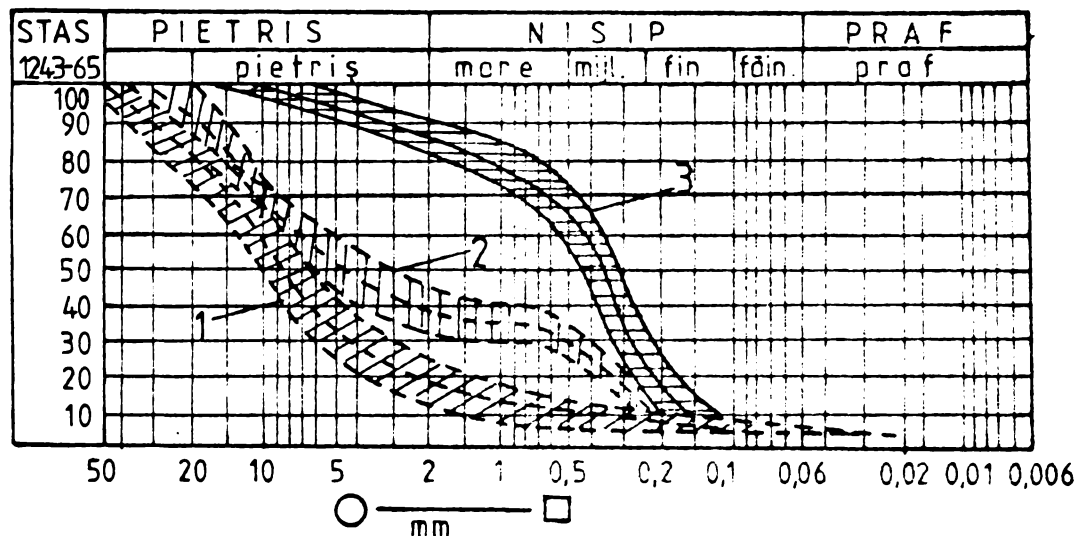


Fig.V.2. Curbele granulometrice și domeniile de variație pentru un interval de încredere de 90% a amestecurilor stabilizate cu zgură granulată, utilizate pe DN 24A  
1- agregat piatră concasată, 2 - balast de râu, 3- nisip local.

Pentru a pune în evidență procesul lent de întărire a acestor tipuri de amestec în fig.V.4 se prezintă comparativ rezistențele la compresiune ce se obțin pe epruvete stabilizate cu ciment și epruvete stabilizate cu zgură.

Prin încercările efectuate pe drum s-a urmărit comportarea în timp a acestor straturi rutiere și în mod special aportul de capacitate portantă în complexul rutier. Astfel prin deflexiunile măsurate în diverse etape se arată o reducere a acestora în timp respectiv o sporire a capacității portante ajungând după 1 an la deflexiuni cuprinse între 20 și 60 sutimi de mm ceea ce corespunde unui trafic de  $10^7$  vehicule etalon pe o bandă de circulație.



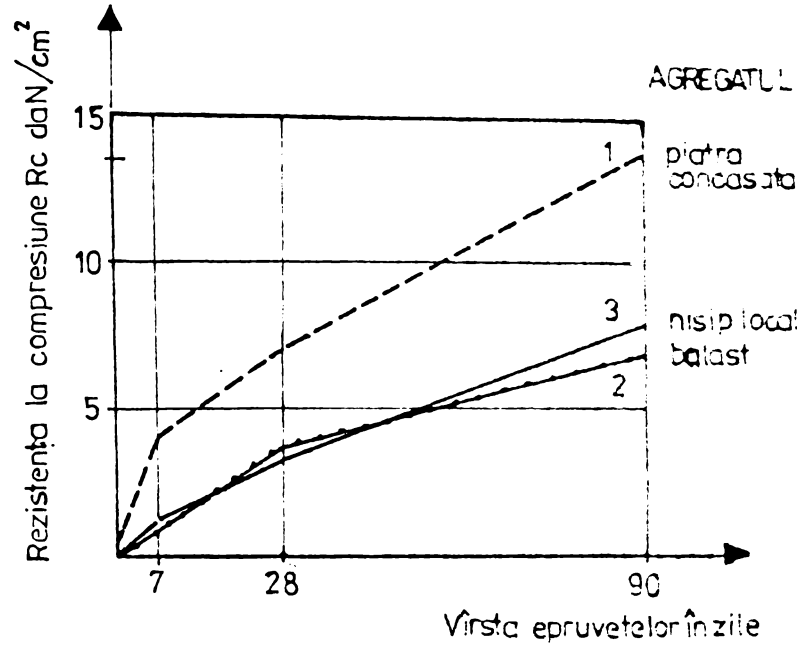


FIG.V.3 Rezistența la compresie a amestecurilor din straturile stabilizate cu zgură granulară pe DN 24A

Se mai poate observa că pentru perioada de iarnă se înregistrează o reducere a portanței ca urmare a încetării procesului de priză cât și a unor condiții hidrologice nefavorabile. La sistemele rutiere la care îmbrăcămintea a fost realizată

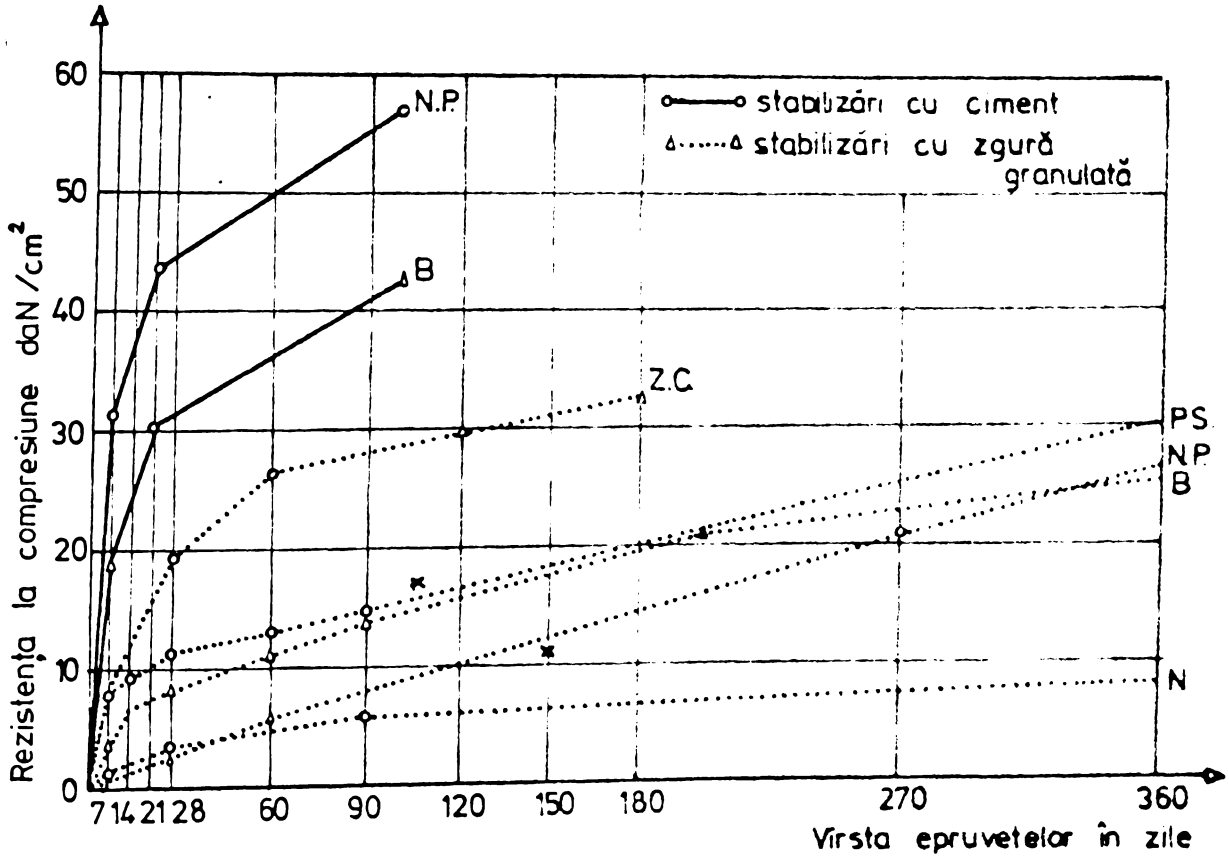


Fig V.4.

de numai câteva zile se poate constata o creștere rapidă a portanței chiar din primele luni fapt ce pune în evidență realizarea procesului de întărire în condiții mai bune fig.V.5.

În urma rezultatelor bune obținute în realizarea acestor sisteme rutiere s-a trecut la extinderea domeniului de utilizare

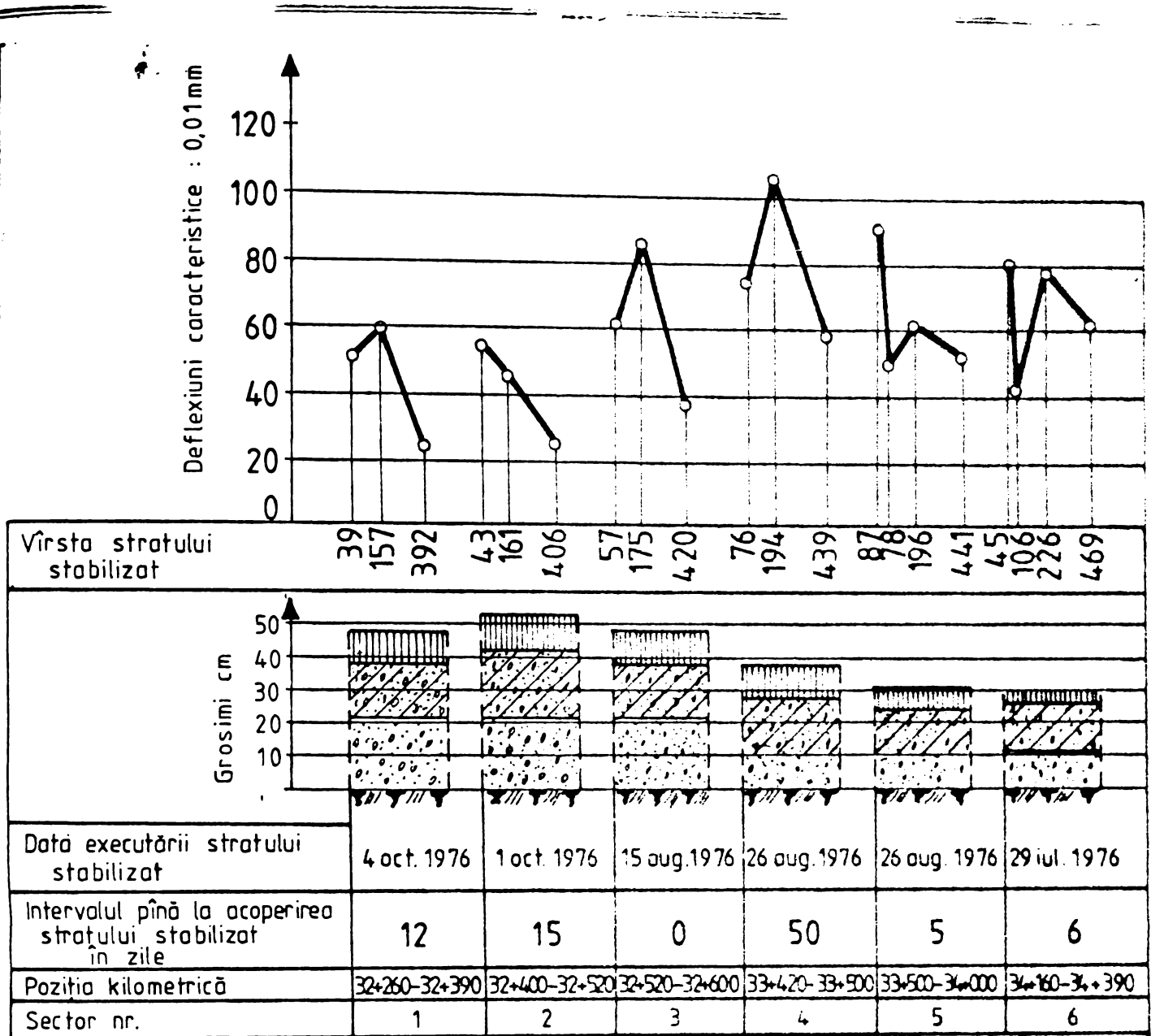


Fig. V. 5.

a straturilor de bază stabilizate cu zgură granulată, aplicînd acest procedeu la ranforsarea sistemelor rutiere existente.

### 2.1.1. Stabilirea dozajelor de lucru.

După analiza în laborator a caracteristicilor fizico-mecanice a materialelor propuse a fi utilizate, s-au realizat o serie de amestecuri, urmărindu-se în mod special obținerea unor rezistențe la compresiune și întindere optime, astfel încît să asigure o capacitate portantă necesară traficului de perspectivă. Ca urmare a rezultatelor obținute, au fost stabilite dozaje de preparare a amestecurilor, ca de exemplu:

- pentru stratul de bază din piatră spartă (18 cm)
  - piatră spartă 85%
  - zgură granulată 15%
  - var 1% raportat la greutatea amestecului
  - apă la umiditatea optimă de compactare 5-6%

- pentru stratul de bază realizat din balast (20 cm)
  - balast 80%
  - zgură granulată 20%
  - var 1,5% din greutatea amestecului la umiditatea optimă de compactare 6-7%
- pentru strat de bază realizat din nisip ( 22 cm )
  - nisip local 75%
  - zgură granulată 25%
  - var 2% din greutatea amestecului
  - apă la umiditatea optimă de compactare 7-9%

#### 2.1.2. Prepararea amestecului pe șantier

Prepararea amestecului pe șantier poate fi realizată în diferite variante, în funcție de natura și importanța lucrărilor cât și dotarea șantierului.

2.1.2.1. Amestecul pe loc poate fi realizat la lucrări de mică importanță - drumuri de clasă tehnică inferioară. Aceasta constă în aprovizionarea la marginea platformei a materialelor stabilite prin rețetă, după care se trece la realizarea amestecului propriu zis, folosind autogrederul. Se vor executa un număr suficient de treceri pînă la obținerea unui amestec omogen, după care se va efectua operațiunea de compactare. Umiditatea optimă de compactare se asigură prin stropiri repetate, concomitent cu operațiile de amestecare.

2.1.2.2. Realizarea amestecului se poate face în bătoniere de orice tip, atunci cînd cantitățile de materiale necesare sînt reduse (lărgiri de drumuri, benzi de consolidare); în această situație procesul de fabricare este identic cu cel al preparării betonului, cu deosebirea că în loc de ciment, se folosește praful de var în procentul prescris.

2.1.2.3. Pentru executarea unor straturi de bază pe drumuri cu trafic intens și în cadrul lucrărilor de mare volum, este indicat a se folosi instalații speciale de mare capacitate, cu funcționare în flux continuu. Aceste instalații pot fi de tipul celor folosite în prezent pentru stabilizarea agregatelor minerale cu ciment ( tip IS ). Capacitatea lor poate ajunge la 60 t/h, ceea ce pentru lucrările obișnuite ( modernizări de

drumuri, consolidări sisteme rutiere), satisface din punct de vedere al productivității.

### 2.1.3. Punerea în operă a amestecului.

Spre deosebire de alte tipuri de amestecuri stabilizate cu ciment, amestecurile pe bază de zgură se tratează la un înalt grad de mecanizare. Dat fiind procesul de priză lentă, așternerea amestecului poate fi făcută în întregime cu autogrederul în grosimile și la cotele prevăzute în documentația tehnică. Tot din același motiv, se poate lucra direct sub circulație, aceasta favorizând o bună compactare. Stratul realizat poate rămâne sub circulație fără protecție mai multe zile (5-6) iar când îmbrăcămintea se realizează mult mai târziu, eventualele corecturi prin adaos de material, sînt totdeauna posibile. Se va avea grijă ca înaintea aplicării îmbrăcăminții să se asigure completarea conținutului de apă pentru continuarea procesului de priză.

Compactarea se execută cu compactori pe pneuri (10-12 tone) în cuplu cu compactori lisi de 10 tone, dat fiind modul de realizare a compactării în complexul rutier (din punct de vedere al aportului la capacitatea portantă), grosimea minimă a acestor straturi de bază trebuie să fie:

- 16 cm. pentru amestecuri realizate cu piatră spartă
- 18 cm. pentru amestecuri realizate cu balast
- 22 cm. pentru amestecuri realizate cu nisip

### 2.1.4. Avantaje tehnico-economice

Dat fiind cele arătate mai sus, utilizarea straturilor stabilizate cu zgură granulată la sisteme rutiere noi, conduce la o reducere substanțială a volumului de material pietros necesar obținerii unei portanțe echivalente cu cea realizată prin stabilizarea mecanică. Reducerea poate fi de 15-20 cm, ceea ce corespunde la o economie de material pietros de circa 1600 mc pe km de drum în cazul modernizărilor, iar diferența de costuri variază între 15-20%.

2.1.4.1. Economisirea lianților utilizați în prezent (ciment și bitum) materiale deficitare în cantități de cca 80 tone ciment sau 50-80 tone bitum pe km de drum.

2.1.4.2. Reducerea consumului de energie atât prin înlocuirea lianților cât și prin înlocuirea tehnologiilor de fabricare ( în cazul înlocuirii balastului uitumat se reduce cu circa 16-30 tone motorină/km).

2.1.4.3. Punerea în operă se poate face sub circulație, lucru extrem de important la drumurile noi cât și la ranfordarea sistemelor rutiere. Circulația contribuie favorabil la finalizarea procesului de compactare iar pentru aplicarea îmbrăcămînții nu necesită a fi luate măsuri de protecție.

2.1.4.4. Dat fiind fenomenul de priză lentă, amestecul se poate realiza la uscat în centre de mare capacitate și apoi expedit cu auto sau pe calea ferată la consumatori mai mici care nu reclamă dotarea cu o instalație de preparare (în cazul benzilor de consolidare, platforme etc ).

### 3. SECTOR EXPERIMENTAL DE RANFORSARE REALIZAT PE DN 5 BUCUREȘTI - GIURGIU.

Sectorul experimentat executat pe DN 5 București-Giurgiu km 42.43 a fost dat în circulație în anul 1981 și cuprinde 3 tronsoane cu structuri rutiere din beton de ciment și beton asfaltic, pentru ranforsarea sistemelor rutiere existente. fig. V.6

Straturile rutiere pentru ranforsare pe DN 5 km 42+050-42+400, executate în anul 1980 cuprind:

|                    |   |       |
|--------------------|---|-------|
| - km 42+050-42+150 | -beton ciment 16 cm   |       |
| - km 42+150-42+300 | -beton asfaltic bogat<br>în criblură = circa 3 cm                   |       |
|                    | -strat de legătură<br>(ba 25-80) =                                  | 5 cm  |
|                    | -strat de bază<br>din mixtură<br>asfaltică =                        | 8 cm  |
| - km 42+300-42+350 | -beton asfaltic bogat<br>în criblură =                              | 3 cm  |
|                    | -strat de legătură (Ba<br>25-80) =                                  | 5 cm  |
|                    | -balast stabilizat cu<br>zgură granulată =                          | 15 cm |
| - km 42+350-42+400 | -beton asfaltic fin bogat<br>în criblură =                          | 3 cm  |
|                    | -strat de legătură<br>(Ba 25-80) =                                  | 3 cm  |
|                    | - balast cu adaos de<br>criblură stabilizat<br>cu zgură granulată = | 15 cm |

Durata de exploatare a acestor sisteme rutiere a

fost calculată pentru o perioadă de 15 ani.

În perioada iunie ( noiembrie ) 1981/octombrie 1982 au fost efectuate măsurători pe teren și încercări de laborator, în scopul urmării comportării în exploatare a straturilor rutiere executate experimental, sub solicitările circulației auto și a variațiilor condițiilor meteorologice și climatice locale.

Sectoarele experimentale de pe DN 5 București-Giurgiu corespund unei circulații foarte grele, caracterizată prin medii zilnice (MZ ) ridicate și anume

- 2193 vehicule fizice/24 ore, din care :
- 1081 vehicule grele (peste 1,5 tone)/24 ore
- (reprezentând 49% din traficul total. Tabelele VI-V.4

În total , în perioada de la darea în circulație pînă la 31.XII.1982 sectorul experimental a fost solicitat de un trafic total reprezentînd : 329.213 treceri vehicule grele, echivalent cu 53100 vehicule etalon de calcul A 13 pe o bandă de circulație .Tabelul V.3.

Traficul mediu lunar pe perioada cît s-au efectuat înregistrări automate de trafic pe sectoarele experimentale de pe DN 5

Tabelul V.1

| DN | Km    | D a t a |         | MZL veh.P./24 ore |                     |             |
|----|-------|---------|---------|-------------------|---------------------|-------------|
|    |       | an      | lună    | Total<br>vehicule | Veh. grele<br>număr | 1,5 t.<br>% |
| 5  | 42+80 | 1981    | iulie   | 2459              | 1274                | 52%         |
|    |       |         | aug.    | 1928              | 1314                | 68%         |
|    |       |         | sept.   | 2087              | 1034                | 49%         |
|    |       |         | oct.    | 2912              | 1296                | 44%         |
|    |       |         | nov.    | 2416              | 1159                | 47%         |
|    |       |         | dec.    | 1926              | 886                 | 46%         |
|    |       | 1982    | ian     | 1730              | 848                 | 49%         |
|    |       |         | febr.   | 1764              | 864                 | 48%         |
|    |       |         | martie  | 2434              | 1143                | 46%         |
|    |       |         | aprilie | 2276              | 988                 | 43%         |

Traficul mediu zilnic rezultat din măsurătorile efectuate în perioada iulie 1981 - aprilie 1982 pe sectorul experimental de pe DN 5 km 42-43

Tabelul V.2

| DN  | km     | Data |        | MZL veh.f./24 ore   |   |                   |
|---|--------|------|--------|---------------------|---|-------------------|
|   |        | an   | lună   | Total vehi-<br>cule | Autotu-<br>risme,<br>micro-<br>buze,<br>auto-<br>camio-<br>nete,<br>moto<br>cu ataș | Vehicule<br>grele |
| no.   | 1.     | 2.   | 3.     | 4.                  | 5.  | 6.                |
| 5   | 42+080 | 1981 | iulie  | 2459                | 1185  | 1274              |
|   |        |      | august | 1928                | 587   | 1341              |
|   |        |      | sept.  | 2087                | 1053  | 1034              |
|   |        |      | oct.   | 2912                | 1616  | 2196              |
|   |        |      | nov.   | 2416                | 1257  | 1159              |
|   |        |      | dec.   | 1926                | 1040  | 886               |
|   |        | 1982 | ian.   | 1730                | 1332  | 843               |
|   |        |      | febr.  | 1764                | 1900  | 864               |
|   |        |      | martie | 2434                | 1291  | 1143              |
|   |        |      | apr.   | 2349                | 1361  | 988               |
| pentru perioada de<br>măsurători iulie<br>1981-aprilie 1982 |        |      |        | 2993                | 1112  | 1081              |

Volumul total de  
tregeri pe perioa-  
da iulie - 1 apr.

82

669174

304961

329213

MZA estimată

2281

1172

1129

Volumul total în vehi-  
cule etalon de calcul A.13

1162540

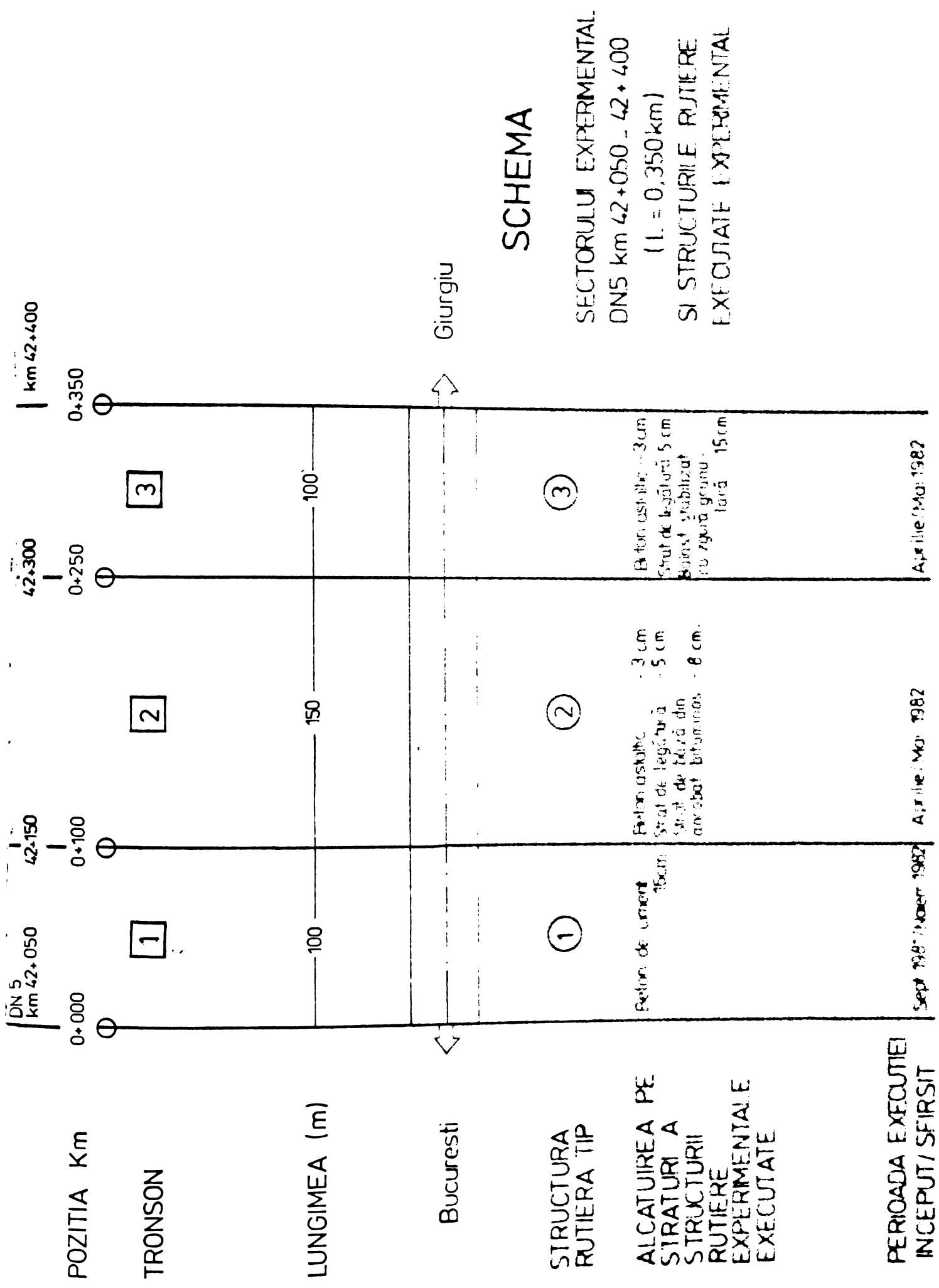
1162540

Notă: Traficul în autovehicule de calcul A.13 pe o bandă de  
circulație = 1.162.540 x 0,5 = 581.270

MZL pe categorii de vehicule grele veh.f./24 ore

| Auto-<br>camio-<br>ane<br>1,501-<br>5,00<br>tf. | Auto-<br>camioane<br>5,001-<br>tf. | Auto-<br>tractoare<br>cu sa și<br>semire-<br>morcă | Auto-<br>buzes | Trac-<br>toare<br>și ve-<br>hicule<br>specia-<br>le | Remorci |
|---|------------------------------------|--|----------------|---|---------|
| 7.  | 8.                                 | 9.   | 10.            | 11.   | 12.     |
| 270   | 392                                | 270  | 48             | 122   |         |
| 271   | 405                                | 271  | 58             | 117   |         |
| 210   | 316                                | 210  | 44             | 85  |         |
| 235   | 442                                | 235  | 59             | 119   |         |
| 232   | 360                                | 232  | 52             | 103   |         |
| 135   | 289                                | 173  | 39             | 96  |         |
| 138   | 259                                | 225  | 52             | 70  |         |
| 126   | 270                                | 234  | 54             |   |         |
| 170   | 265                                | 194  | 73             | 146   |         |
| 157   | 270                                | 247  | 45             | 112   |         |
| 194   | 337                                | 229  | 52             | 105   |         |
| 59307   | 102673                             | 69650  | 31806          | 31806   |         |
| 207   | 355                                | 243  | 59             | 114   |         |
| 41980   | 657000                             | 365000   | 41980          | 21900   |         |





**SCHEMA**

SECTORULUI EXPERIMENTAL  
 DN5 km 42+050 - 42+400  
 (L = 0,350 km)  
 SI STRUCTURILE RUTIERE  
 EXECUTATE EXPERIMENTAL

ALCATUIREA PE  
 STRATURI A  
 STRUCTURII  
 RUTIERE  
 EXPERIMENTALE  
 EXECUTATE

PERIOADA EXECUTIEI  
 INCEPUT/ SFIRSIT

SOLICITARI DIN TRAFIC PE SECTOARELE EXPERIMENTALE  
PE DN 5 BUCURESTI - GIURGIU

Tabelul V.3

| POZITIA KILOMETRICA<br>Tip sistem rutier  | KM 42 (RANFORSARI)                                    |   |
|---|---|---|
|   | STRUCTURA NERIGIDA<br>(IMBRACAMINTE BITU-<br>NINOASA) | STRUCTURA<br>RIGIDA (DALA<br>DIN BETON<br>CIMENT)<br>PERMANENTE |
| Tip îmbrăcăminte<br>Tronson   | PERMANENTE<br>2                                       | 3<br>1  |
| Durata de exploatare normată  | 15 ani  | 24 ani  |
| Trafic de calcul<br>autovehicule A 13/bandă de circulație   | 2737500   | 4380000   |
| Perioada estimată de experimentare<br>pentru care s-au dimensionat<br>structurile rutiere experimentale | 3,5-4,0 ani   | peste 5 ani   |
| Volumul total de trafic<br>recenzat între noiembrie 1981-mai 1982                                       |   |   |
| -nr.autovehicule A 13/banca circulație  |   | 531000  |
| -nr.autovehicule fizice/ambele benzi  |   | 669174  |
| -nr.autovehicule grele 1,5 to/ambele<br>benzi   |   | 329213  |
| % din volumul total de<br>trafic preliminar   | 20%   | 12%   |

MEDIA ZILNICA A TRAFICULUI PE PERIOADA RECENZATA

|                                    | KM 42 ( ranforsări ) |
|------------------------------------|----------------------|
| VEHICULE FIZICE /24 ORE            | 2193                 |
| din care : AUTOTURISME             | 1112 ( 51%)          |
| AUTOVEH.GRELE 1,5 to               | 1081 ( 49%)          |
| din care : AUTOVEH.1,5-5,0 to      | 194                  |
| AUTOVEH. 5 to.                     | 337                  |
| AUTOTRACTOARE cu șa și semiremorcă | 229                  |
| AUTOBUZE                           | 52                   |
| TRACTOARE                          | 105                  |
| REMORCI                            | 163                  |

Compoziția traficului exprimată în procente pe perioada cât s-au făcut înregistrări manuale pe sectoarele experimentale de pe DN 5.

Tabelul V.4

| DN | Poziția<br>km | Data |        | Categoriile de vehicule   |  |                                       |   |               |   |                 |
|----|---------------|------|--------|---|--|---------------------------------------|---|---------------|---|-----------------|
|    |               | an   | luna   | Auto-<br>turisme<br>micro-<br>buze,<br>auto-<br>camio-<br>nete,<br>moto<br>cu<br>ataș | Auto-<br>ca-<br>mioane<br>1,501-<br>5,000 tf | Auto-<br>ca-<br>mioane<br>5,001<br>tf | Auto-<br>trac-<br>toare<br>cu șa<br>și<br>semi-<br>re-<br>morcă | Auto-<br>buze | Trac-<br>toare<br>veni-<br>cule<br>spe-<br>cia-<br>le | Re-<br>m-<br>ci |
| 5  | 42+080        | 1981 | iulie  | 48  | 11   | 16                                    | 11  | 2             | 5   | 7               |
|    |               |      | aug.   | 46  | 14   | 21                                    | 14  | 3             | 6   | 10              |
|    |               |      | sept.  | 51  | 10   | 15                                    | 10  | 2             | 4   | 8               |
|    |               |      | oct.   | 56  | 8  | 15                                    | 8   | 2             | 3   | 8               |
|    |               |      | nov.   | 55  | 9  | 14                                    | 9   | 2             | 4   | 7               |
|    |               |      | dec.   | 54  | 7  | 15                                    | 9   | 2             | 5   | 8               |
|    |               | 1982 | ian    | 51  | 8  | 15                                    | 13  | 3             | 4   | 6               |
|    |               |      | febr.  | 51  | 8  | 15                                    | 13  | 3             | 4   | 6               |
|    |               |      | martie | 54  | 7  | 16                                    | 6   | 2             | 5   | 10              |
|    |               |      | apr.   | 56  | 7  | 16                                    | 6   | 3             | 5   | 7               |

### 3.1. ÎMBRĂCĂMIȘAREA CU ÎMBRĂCĂMIȘA DIN BAYTON DE CIMENT A TRONSONULUI KM 42+050-KM 42+150 PE DN 5 BUCUREȘTI-GIURGIU

#### 3.1.1. Studii preliminare

##### 3.1.1.1. Constatări privind sistemul rutier existent.

###### Structura sistemului rutier existent.

Îmbrăcăminte bituminoasă existentă are o lățimea medie de 7,00 m, cuprinzând atât vechea platformă a drumului cât și benzile de lărgire, cu lățimi variind între 10 ... 40 cm.

Sondajele efectuate au arătat că sistemul rutier existent este alcătuit din :

- îmbrăcăminte bituminoasă cu grosimi variind între 7,0 . . . 12,6 cm, în medie 10,1 cm;
- strat de macadam cimentat cu grosimi variind între 8,9 . . . 13,8 cm, în medie 12,1 cm;
- strat de balast cu grosimi variind între 10,4 . . . 16,9 cm, în medie 14,7 cm, având o compoziție granulometrică uniformă în lungul tronsonului; ./.

- terenul de fundație alcătuit din nisipuri argiloase.

#### Deflexiuni.

Măsurătorile defleto-metrice, efectuate cu ajutorul defleto-metrului cu pîrghie, prezintă următoarele caracteristici:

- deflexiunea medie  $81 \times 10^{-2} \text{ mm}$
- abaterea medie patratică  $46 \times 10^{-2} \text{ mm}$
- coeficientul de variație 57%
- deflexiunea caracteristică  $171 \times 10^{-2} \text{ mm}$

Valoarea deflexiunii caracteristice de 171/100 mm justifică necesitatea unei ranforsări.

#### Dimensionare

-Proiectantul, IPTANA a prevăzut pentru stratul de ranforsare din beton de ciment o grosime minimă de 16 cm.

-Intensitatea medie anuală a circulației, în ambele sensuri, în 1980 a fost de 5.493 vehicule în 24 ore și corespunde unui număr de 1.481 vehicule etalon A 13 pentru calculul sistemelor rutiere rigide.

-Modulul de reacție al terenului de fundație este de  $3,5 \text{ daN/cm}^2$ , iar modulul de reacție al sistemului rutier existent la nivelul îmbrăcăminții asfaltice, corectat în funcție de natura și grosimea straturilor existente - este de  $7 \text{ daN/cm}^3$ .

#### Profil transversal.

Profilul transversal este la nivelul terenului, îmbrăcămintea asfaltică prezentînd crăpături în zona axului și o rețea de fisuri pe partea dreaptă a drumului, pe o lățime de circa 1 m de la bordură spre ax; partea stîngă este în general bună.

#### 3.1.1.2. Stabilirea compoziției betonului.

Pentru stabilirea compoziției optime a betonului de ciment, ICPTT a efectuat înainte de începerea execuției îmbrăcăminții din beton de ciment, cercetări de laborator pe mai multe compoziții de betoane cu materiale prelevate de la Intreprinderea de poduri de beton Giurgiu, care urma să prepare și să livreze betonul de ciment.

Ranforsarea tronsonului experimental urmînd a se face prin punerea în operă a betonului într-un singur strat, s-au studiat numai betoane preparate cu agregate concasate, de calitate corespunzătoare stratului de uzură.

Cimentul utilizat a fost RM 250 livrat de Fabrica Fieni, iar aditivul, antrenor de aer DISAN.

nisipul (sort.0-3 mm) și pietrișul (sort.3-7 mm) de natură silico-calcaroasă, precum de la MAVROM Giurgiu.

Criblurile (sort 8-16 mm) și (16-25 mm) provin din cariera Malnaș și sînt constituite din andezite bazaltice.

Pe baza rezultatelor obținute la încercările efectuate în laborator s-au adoptat următoarele limite în care trebuie să se încadreze granulozitatea agregatului total, indicate în tabelul V.5 ceea ce asigură obținerea de rezistențe la compresie, la 28 zile, de minimum  $450 \text{ daN/cm}^2$  și de rezistențe la întindere din încovoiere de minimum  $55 \text{ daN/cm}^2$  (la o compoziție medie pentru metrul cub de beton cu un conținut de 350 kg ciment și 160 l apă)

Tabelul V.5

|                   | Treceri . . .% din greutate prin sitele sau ciururile de . . . mm |    |    |    |    |     |
|-------------------|---|----|----|----|----|-----|
|                   | 0,2   | 1  | 3  | 7  | 15 | 25  |
| Limita superioară | 5   | 20 | 30 | 46 | 77 | 100 |
| Limita inferioară | 2   | 15 | 23 | 38 | 67 | 95  |

Caracteristicile materialelor utilizate, precum și compoziția și caracteristicile betonului (proaspăt și întărit) adoptat a fi folosit la executarea ranforsării sînt redată în figele de experimentare a tronsonului km 42+050-km 42+150.

### 3.1.2. Executarea îmbrăcămîntei din beton de ciment

#### 3.1.2.1. Perioada de execuție și condiții meteorologice

Punerea în operă a betonului s-a efectuat în două etape și anume:

- banda dreaptă, între km 42+050-km 42+150 în perioada 25-27.11.1980;
- banda stîngă, între km 42+050-km 42+122, în perioada 21-23.05.1981, iar între km 42+122-km 42+150, în perioada 26-27.05.1981.

În planul de situație fig.V.7 sînt indicate zonele armate, rosturile, punctele de extragere a carotelor, precum și zilele de turnare a dalelor.

Variația temperaturii și umidității relative a aerului, în timpul execuției lucrărilor, factori care influențează caracteristicile fizice și mecanice ale betonului, sînt arătate în fig.V.8.

#### 3.1.2.2. Materiale

##### Ciment.

Cimenturile utilizate au fost :

- pe banda dreaptă, ciment BSS livrat de fabrica

Cîmpu-Lung, cu rezistența la compresie, la 28 zile, de  $382 \text{ daN/cm}^2$

- pe banda stîngă, ciment BSS, livrat de fabrica Turda, cu rezistența la compresiune, la 28 zile, de  $398 \text{ daN/cm}^2$ .

#### Agregate.

Betonele au fost preparate cu următoarele 4 sorturi de agregate:

- nisip, sort 0-3 mm de la NAVROM-Giurgiu ;
- pietriș, sort 3-7 mm , de la NAVROM-Giurgiu;
- criblură, sort 8-16 mm, din cariera Malnaș;
- criblură, sort 16-23 mm, din cariera Malnaș.

#### Aditivi.

La prepararea betoanelor nu s-au utilizat aditivi.

#### Apa.

S-a utilizat apă din rețeaua publică.

#### 3.1.2.3. Prepararea betonului.

Betoanele au fost preparate în centrala de betoane a Intreprinderii de poduri din beton Giurgiu, dotată cu două malaxoare cu amestec forțat de 1.000 l fiecare, cu ax vertical. Centrala de betoane este situată la o distanță de 25 km de tronsonul experimental. Betoanele livrate au fost preparate respectîndu-se condițiile impuse prin caietul de sarcini pentru acest tip de beton, însă fără utilizarea aditivului antrenor de aer DISAN. Pe parcursul producerii betonului s-au efectuat corectări ale compoziției ținînd seama de rezultatele încercărilor privind umiditatea și granulozitatea sorturilor de agregate utilizate.

Caracteristicile materialelor utilizate, precum și compoziția și caracteristicile betoanelor livrate sînt date în fișa anexă de experimentare a tronsonului.

#### 3.1.2.4. Punerea în operă

Imbrăcămintea din beton de ciment s-a executat pe o lungime de 101,10 m și o lățime de 7,00 m cu profilul transversal în două pante, într-un strat în grosime minimă de 16 cm astfel:

- între km 42+050 - km 42+100 fără armarea dalelor;
- între km 42+100 - km 42+150 cu armarea marginilor dalelor ( în dreptul benzilor de lărgire) pe o lățime de 1,00 m.

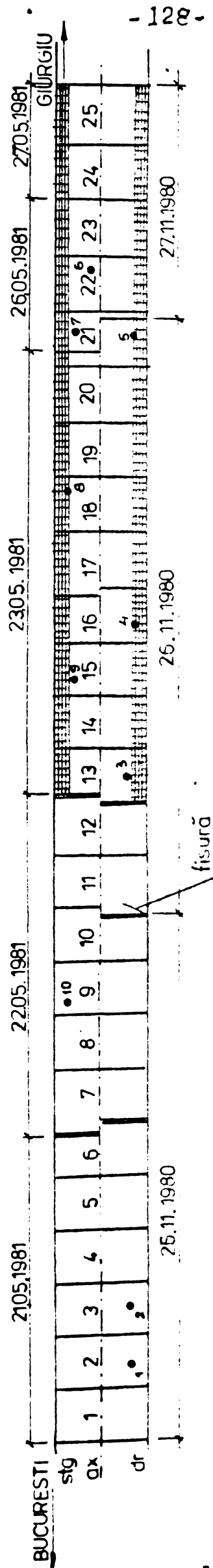
Armarea s-a făcut cu plase sudate, cu ochiurile de  $10 \times 20 \text{ cm}$ , alcătuite din sîrmă trasă de  $\varnothing 7 \text{ mm}$  în sens longitudinal și de  $\varnothing 4 \text{ mm}$ , în sens transversal.

-Înainte de a începe așternerea betonului, imbrăcămintea bituminoasă existentă, a fost reparată prin colmatarea fisurilor și crăpăturilor și plombarea zonelor degradate, după care s-a

Sector experimental: km 42+000 – km 42+460  
 Tronson: km 42+050 – km 42+150

Figura V.7.

RANFORSARE CU BETON DE CIMENT



LEGENDA

Rost de contact longitudinal

Rosturi transversale:

— de dilatație

— de contracție - încovoiere

— de contact

Carote extrase

Zona armata cu plase sudate

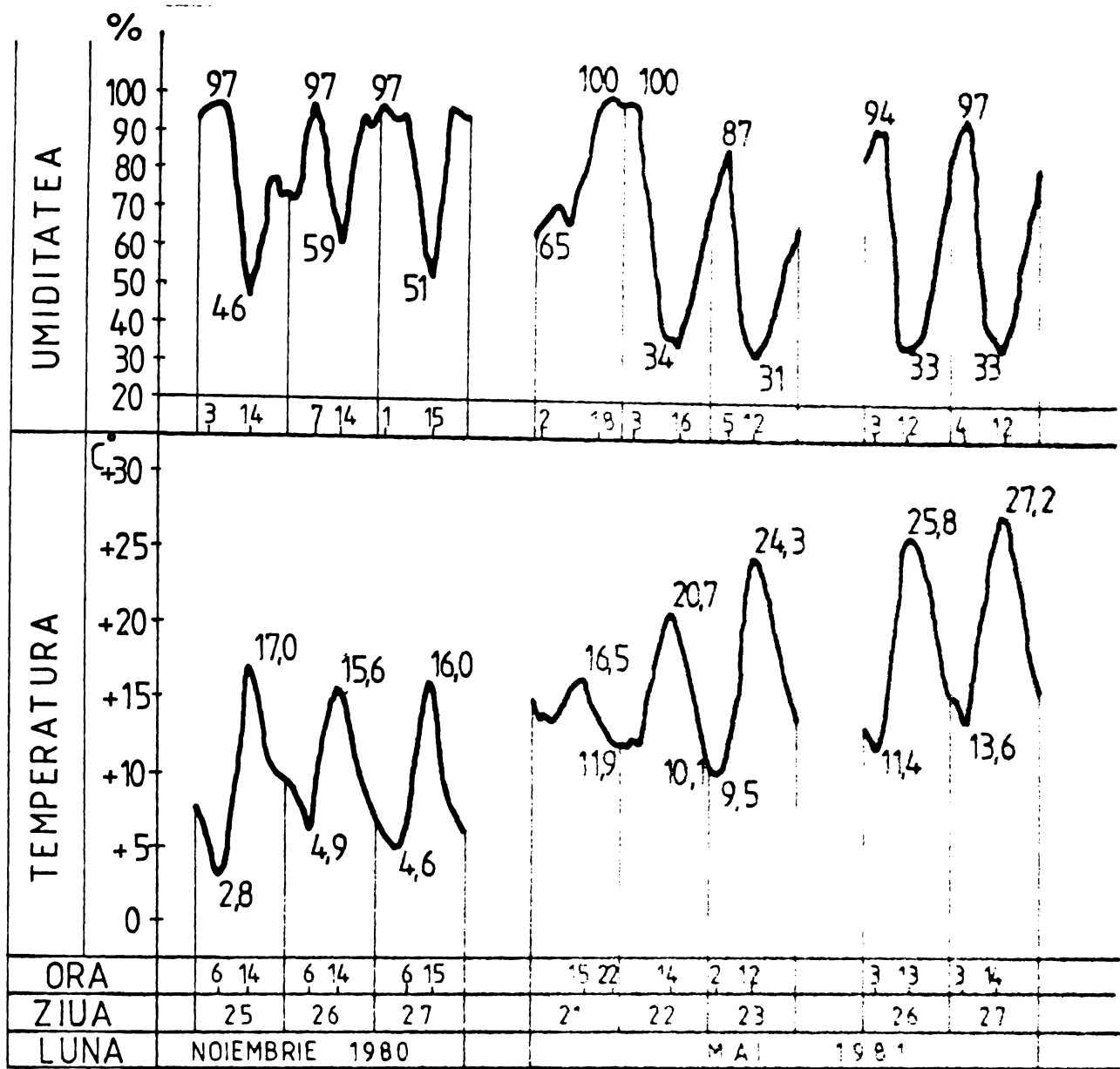


Fig.V.8. Variația temperaturii și umidității relative a aerului

Executat un strat de reprofilare din mortar asfaltic, de circa 1 cm grosime, pentru eliminarea denivelărilor și a permite mișcarea liberă a dalelor la construcție și dilatare, fără a se mai așeza o foaie de hîrtie Kraft sau de polietilenă.

- Transportul betonului s-a efectuat cu camioane cu benă, cu descărcare prin spate.

- Datorită distanței mari de transport a betonului circa 25 km, timpul de fabricare, transport și așteptare înainte de punerea în operă a betonului, a variat între 1 h 30' ... 2 h 30', excepțional pînă la 3 h 30'.

- Betonul a fost așternut manual.

Vibrarea betonului s-a făcut cu o placă vibratoare de 700 kg, avînd 3000 vibrații/minut și maiuri metalice, ceea ce a condus la apariția de vâluriri și denivelări în suprafața betonului, precum și denivelări între cele două benzi adiacente între km.42+050-km 42+062 și km 42+098-km 42+106.



- Suprafețele denivelate sau cele deschise (nevibrate) au fost corectate cu mortar de ciment, verificându-se cu ajutorul unei late de 3 m fără a se folosi ruloul metalic.

Datorită acestui fapt, denivelările suprafeței îmbrăcăminții nu au putut fi eliminate, iar zonele reparate se degradează sub acțiunea traficului, prin uzura și desprinderea mortarului.

- Suprafața finisată s-a striat cu ajutorul unei peri piassava, purtată perpendicular pe axul drumului.

### 3.1.2.5. Protejarea îmbrăcăminții

După terminarea finisării, suprafața betonului nu a fost protejată cu acoperișuri glisante.

Protejarea betonului proaspăt s-a efectuat numai prin stropirea suprafeței cu o peliculă de emulsie bituminoasă, fără a se mai așterne și un strat de nisip care să fie menținut umed timp de 10-15 zile.

Stropirea cu emulsie bituminoasă, nu s-a făcut imediat după zvîntarea betonului (circa 1/2 oră după punerea în operă), ci la intervale mai mari, mergînd pînă la 24 ore de la terminarea finisării suprafeței.

### 3.1.2.6. Executarea rosturilor

- Rostul longitudinal, din axul drumului, s-a executat ca rost de contact, pe toată grosimea îmbrăcăminții, fiind prevăzut cu ancore de oțel beton OB 37, cu diametrul de 10 mm, și 1 m lungime, așezate la 1 m distanță

- Rosturile transversale s-au executat perpendicular pe axa benzilor de beton astfel :

- rosturile de dilatație, la distanța de 24 m (6 dale) ;

- rosturile de contracție-încovoiere la distanța de 4 m ;

- rosturile de contact, în l curile de întreprupere a betonării.

- Rosturile transversale de contracție-încovoiere de pe banda dreaptă s-au executat prin tăiere în betonul întărit cu mașina de tăiat rosturi (prototip) pe o adîncime de circa 6 cm.

Tăierea rosturilor s-a făcut însă cu întîrziere, la intervale cuprinse între 24 ...48 ore, după punerea în operă a betonului, datorită defectării mașinii de tăiat rosturi (prototip).

- Rosturile transversale de contracție-încovoiere de pe banda stîngă, s-au executat prin introducerea prin vibrare

în betonul proaspăt a unei fișii de carton acoperită cu ajutorul unui cuțit vibrator, deoarece șantierul nu a dispus, în perioada respectivă, de mașina de tăiat rosturi.

### 3.1.3. Controlul execuției

3.1.3.1. Controlul preparării betoanelor a constat din efectuarea de determinări pentru verificarea următoarelor caracteristici ale betonului :

- lucrabilitate, atât prin metoda tasării, cât și prin metoda gradului de compactare, determinate conform STAS 1759-80;
- densitate aparentă a betonului proaspăt determinată conform STAS 1759-80;
- conținutul de aer oclus determinat conform STAS 5479-67;
- rezistența la compresiune, pe epruvete cubice de 14 cm latura, la vârsta de 28 și 90 zile determinată conform STAS 1275-81, rezultatele încercărilor fiind prelucrate și interpretate conform STAS 7181/I-80;
- rezistențele la întindere prin încovoiere prin epruvete prismatice de 10 x 10 x 55 cm, la vârsta de 28 și 90 zile determinată conform STAS 1275-81, rezultatele încercărilor fiind prelucrate conform STAS 7181/I-80;
- Contractția la uscarea betonului, determinată conform STAS 2833-72;
- impermeabilitatea față de apă, conform STAS 3519-72.

Rezultatele încercărilor de control ale betonului sînt date în fișa de experimentare, din care rezultă că betoanele executate prezintă următoarele caracteristici :

- lucrabilitatea betonului proaspăt:
  - prin metoda tasării . . . . . 3,2 - 4,0 cm
  - prin metoda gradului de compactare . . . . . 1,10-1,17
- densitatea aparentă . . . . . 2332-2491 kg/m<sup>3</sup>
- conținutul de aer oclus . . . . . 2,5 - 2,8%
- rezistența medie la compresiune . . . . .
  - la 28 zile . . . . . 519 daN/cm<sup>2</sup>
  - la 90 zile . . . . . 582 daN/cm<sup>2</sup>
- rezistența medie la întindere din încovoiere
  - la 28 zile . . . . . 64,1 daN/cm<sup>2</sup>
  - la 90 zile . . . . . 73,4 daN/cm<sup>2</sup>
- contracție la uscare :
  - la 21 zile . . . . . 0,048
  - la 28 zile . . . . . 0,149 mm/m

- la 56 zile . . . . . 0,292 mm/m
- la 90 zile . . . . . 0,395 mm/m

### 3.1.3.2. Controlul înainte de darea în exploatare Controlul stării suprafeței îmbrăcămînții.

Controlul suprafeței îmbrăcămînții realizate s-a efectuat prin observații vizuale (pentru repararea fisurilor și degradărilor) completate cu măsurători de planeitate cu aparatul Viagraf, executate în conformitate cu "Instrucțiunile și condițiile tehnice pentru măsurarea denivelărilor din profil longitudinal al drumurilor cu ajutorul aparatului Viagraf" și măsurători de rugozitate:

- rugozitatea geometrică, prin metoda "înălțimii de nisip" conform "Instrucțiunii ICPTT";
- rezistența la alunecare cu aparatul SKT, conform STAS 8849-72.

Din observațiile vizuale s-a constatat că suprafața îmbrăcămînții prezintă ciupituri, alveole denivelări și vâluriri datorită faptului că așternerea, compactarea și finisarea betonului nu s-a făcut cu utilaje specifice execuției de îmbrăcămînți din beton de ciment, precum și uzurii și desprinderii mortarului de ciment cu care s-a făcut corecturile suprafeței îmbrăcămînții.

Înainte de darea în circulație, suprafața betonului a fost acoperită cu emulsie bituminoasă, ceea ce a condus la diminuarea proprietăților antiderapante a îmbrăcămînții, datorită astupării striurilor suprafeței betonului de ciment.

Măsurătorile de planeitate efectuate cu aparatul Viagraf au dat următoarele valori ale indicatorului hectometric Viagraf "Ihv" și indicatorului de amplitudine a denivelărilor "E" indicate în tabelul V.6.

| Banda   | Tabelul V.6 |      | Măsurătorile de rugozitate au condus la următoarele valori medii pe tronson: |
|---------|-------------|------|--|
|         | Ihv         | E    |  |
| Dreapta | 162         | 17,5 |  |
| Stînga  | 122         | 20,0 |  |

- rugozitate geometrică: înălțimea de nisip 0,127 mm;
- rezistența la alunecare : 61,5 unități SKT

### 3.1.3.3. Controlul calității îmbrăcămînții executate.

Pentru verificarea calității betonului din punct de vedere al rezistențelor mecanice și grosimii dalei s-au scos din îmbrăcămînți un număr de 14 carote.

Din măsurătorile efectuate pe carotele extrase rezultă că s-a realizat o grosime medie a îmbrăcămînții de 20 cm, deci cu 4 cm în plus decît minimum stabilit, grosimea dalelor

variind între minimum 16 cm și maximum 24 cm.

Rezistențele mecanice obținute pe carote sînt arătate în tabelul V.7 în paralel cu rezultatele obținute pe epruvete confecționate din betonul utilizat la executarea tronsonului experimental.

Tabelul V.7

| Nr. crt.                | UM                  | Rezist. la compresiune la 28 zile |           | Rezist. la întindere din încovieră la 28 zile |           |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------|---|-----------|
|                         |                     | pe epruvete                       | pe carote | pe epruvete                                   | pe carote |
| 1. Număr încercări      | buc.                | 29                                | 11        | 19  | 3         |
| 2. Rezist. min. max.    | daN/cm <sup>2</sup> | 409-693                           | 284-579   | 39,6-77,5                                     | 40,4-71,9 |
| 3. Rezist. medie        | "                   | 519                               | 439       | 64,1  | 52,6      |
| 4. Abaterea medie patr. | "                   | 63,2                              | 101,2     | 12,4  | 13,8      |
| 5. Coef. de variație    | %                   | 12,2                              | 23,0      | 19,4  | 26,2      |

### 3.1.4. Concluzii

Din verificările efectuate, în timpul execuției lucrărilor, privind calitatea materialelor folosite pe șantier, prepararea betoanelor, execuția lucrărilor și calitatea îmbrăcăminților executate, se pot trage următoarele concluzii:

Curbele granulometrice ale agregatului total, care au condus la realizarea betoanelor de mărci superioare (B.450) s-au situat în limita inferioară a curbelor indicate în STAS 662-69 sub zona indicată pentru betoanele de uzură.

Pentru realizarea acestor tipuri de betoane, este necesară modificarea prevederilor din standardele și normativele în vigoare, privind zonele în care trebuie să se situeze curbele granulometrice ale agregatului total.

Pentru eliminarea denivelărilor și degradărilor din îmbrăcămintea bituminoasă existentă, este necesar a se prevedea sub dale un strat de egalizare, în funcție de importanța denivelărilor care în același timp are și rolul de a permite mișcarea liberă a dalelor de contracție și dilatare.

Lucrările de ranforsare pot cuprinde și zone de lărgire.

În aceste cazuri, existînd pericolul de tasări diferențiate între vechea îmbrăcămintă și zona de lărgire, este necesară prevederea unei armături în dreptul rostului dintre aceste două zone, pe o lățime de 50 cm, de o parte și de alta a acestuia.

Punerea în operă a betonului trebuie efectuată numai cu utilaje specifice execuției îmbrăcăminților din beton

de ciment(vibrofinisoare) deoarece altfel nu se poate asigura o compactare uniformă a betonului și nici o suprafață corespunzătoare îmbrăcăminții , calitatea suprafeței depinzând în cea mai mare parte de utilaj.

Pentru a se evita fisurarea anarhică a îmbrăcăminții rosturile trebuiesc executate pe o adâncime de cel puțin 1/4 din grosimea maximă a betonului pus în operă.

În timpul execuției se cere un control permanent al calității betonului, a respectării timpului maxim admis între fabricarea și punerea în operă a betonului, a realizării finisării și a protecției betonului, precum și verificarea realizării profilului transversal, atât ca grosime cât și ca pantă.

### 3.2.URMARIREA COMPORTARII TRONSOANELOR DE RANFORSARE CU STRATURI BITUMINOASE DE LA KM 42+180-42+400

#### 3.2.1.Deformabilitatea complexului rutier și raza de curbură a suprafeței deformate

Studiile privind comportarea în exploatare a sectorului experimental au fost efectuate în două perioade și anume , primăvara (aprilie 1981)și toamna (septembrie 1981) și au constat din :

- examinarea vizuală a stării suprafeței îmbrăcăminții bituminoase:
- măsuri ale deformabilității complexului rutier și ale razei de curbură a suprafeței deformate, atât pe tronsonul cu ranforsare clasică, cât și pe cele cu strat de ranforsare din balast stabilizat cu zgură granulată.

##### 3.2.1.1.Starea suprafeței îmbrăcăminții bituminoase

Starea suprafeței îmbrăcăminții bituminoase,atât pe tronsonul cu straturi de ranforsare bituminoase, cât și pe cel cu strat de ranforsare din balast stabilizat cu zgură granulată, este corespunzătoare fără fisuri sau alte degradări.Prezintă ușoare denivelări.

##### 3.2.1.2.Deformabilitatea complexului rutier

Rezultatele măsurătorilor cu deflectometrul cu pîrghie efectuate la 7.04.1981, sînt date în tabelul V.8 iar a celor efectuate la data de 24.09.1981 sînt date în tabelul V.9.

Tabelul V.8

| Tronson  | Fir de<br>măsurare | $d_m$   |         | $C_v$ | $d_c$ |
|--|--------------------|---------|---------|-------|-------|
|  |                    | 0,01 mm | 0,01 mm |       |       |
| km 42+180-<br>42+280<br>-ranforsare<br>straturi<br>bituminoase             | stg.margine        | 47      | 21      | 45    | 83    |
|  | stg.ax             | 29      | 15      | 52    | 55    |
|  | dr.ax              | 32      | 14      | 44    | 56    |
|  | dr.margine         | 50      | 21      | 42    | 83    |
|  | secțiunea          | 40      | 19      | 48    | 73    |
| km 42+300-<br>42+400<br>-ranforsare<br>strat din<br>balast sta-<br>bilizat | stg.margine        | 38      | 8       | 21    | 52    |
|  | stg.ax             | 23      | 11      | 48    | 42    |
|  | dr.ax              | 28      | 9       | 33    | 44    |
|  | dr.margine         | 30      | 15      | 50    | 56    |
|  | secțiune           | 30      | 12      | 40    | 51    |

Tabelul V.9

| Tronson   | Fir de<br>măsurare | $d_m$   |         | $C_v$ | $d_c$ |
|---|--------------------|---------|---------|-------|-------|
|   |                    | 0,01 mm | 0,01 mm |       |       |
| km 42+180-42+280  | stînga             | 35      | 10      | 29    | 52    |
|   | ax                 | 17      | 8       | 46    | 30    |
| -ranforsare stra-<br>turi bituminoase                               | dreapta            | 34      | 11      | 32    | 53    |
|   | secțiune           | 28      | 12      | 44    | 49    |
| km 42+300-42+400<br>-ranforsare strat<br>din balast sta-<br>bilizat | stînga             | 15      | 9       | 63    | 31    |
|   | ax                 | 15      | 12      | 81    | 36    |
|   | dreapta            | 20      | 14      | 69    | 44    |
|   | secțiune           | 17      | 12      | 69    | 38    |

Din examinarea acestor tabele reies următoarele:

- deformabilitatea complexului rutier pe tronsonul ranforsat cu strat de balast stabilizat este mai mică decît pe tronsonul ranforsat cu straturi bituminoase atît în perioada de primăvară cît și în cea de toamnă;

- deformabilitatea complexului rutier cu strat de ranforsare din balast stabilizat cu zgură granulată scade în timp evidențiind procesul de întărire în timp a liantului zgură granulată- var și anume deformația elastică caracteristică este de 0,38 mm în toamna 1981, față de 0,51 mm în primăvara 1981.

### 3.2.1.3. Rigiditatea stratului rutier din balast stabilizat cu zgură granulată.

Rezultatele măsurătorilor razei de curbură a suprafeței deformate sub solicitarea roților duble ale osiei din spate a vehiculului de măsurare sînt prezentate în tabelele V.10 (măsu-

măsurători efectuate în aprilie 1981) și V.11(măsurări efectuate în septembrie 1981)

Tabelul V.10

| Tronson       | Fir de măsurare     | $\theta$<br>mixt.<br>°C | R<br>m     | R<br>m | $C_v$<br>% | d<br>mm | $K = \frac{R^2}{D^2} \frac{ech}{ech}$ |
|---------------|---------------------|-------------------------|------------|--------|------------|---------|---------------------------------------|
| 1<br>km       | stînga<br>ax        |                         | 399<br>812 |        |            |         | $\frac{18486}{3953} = 4,68$           |
| 42+180-42+280 | dreapta<br>secțiune | 21                      | 369<br>565 | 392    | 69         | 0,43    |                                       |
| 2<br>km       | stînga<br>ax        |                         | 321<br>409 |        |            |         | $\frac{12990}{5483} = 2,37$           |
| 42+300-42+400 | dreapta<br>secțiune | 21                      | 353        | 143    | 36         | 0,31    |                                       |

Tabelul V.11

| Tronson       | Fir de măsurare     | $\theta$<br>mixt.<br>°C | R<br>m       | R<br>m | $C_v$<br>% | d<br>mm | $K = \frac{R^2}{D^2} \frac{ech}{ech}$ |
|---------------|---------------------|-------------------------|--------------|--------|------------|---------|---------------------------------------|
| 1<br>km       | stînga<br>ax        |                         | 406<br>407   |        |            |         | $\frac{30822}{6537} = 4,72$           |
| 42+180-42+280 | dreapta<br>secțiune | 31                      | 2217<br>942  | 1128   | 119,7      | 0,26    |                                       |
| 2<br>km       | stînga<br>ax        |                         | 1705<br>1021 |        |            |         | $\frac{46920}{11331} = 4,14$          |
| 42+300-42+400 | dreapta<br>secțiune | 31                      | 1646<br>1434 | 1597   | 111        | 0,15    |                                       |

### 3.3.ALTE SECTOARE EXPERIMENTALE EXECUTATE PE DN 5 IN 1983

Urmare indicațiilor date de Conducerea Superioară de Partid și de Stat cu ocazia vizitării expoziției din 25 mai 1983 pe același drum național nr.5 București-Giurgiu, s-au executat cu titlu experimental 7 noi tipuri de îmbrăcăminti rutiere pentru ranforsare folosind tehnica anrobării cu bitum a pietrei sparte de diverse sorturi și un tip de structură rutieră folosind tehnica penetrării cu mortar de ciment a pietrei sparte sort. 40-60 mm după cum urmează: tabelul V.12

- un tronson de 200 m de macadam de 8 cm grosime penetrat cu bitum, amplasat pe vechiul sector experimental;
- un tronson de 270 m de covor asfaltic clutat cu piatră spartă 15-25 anrobotă cu bitum ( în grosime de 4 cm pe strat de legătură de 5 cm );
- un tronson de 86 m de covor asfaltic clutat cu piatră spartă 25-40 anrobotă cu bitum ( în grosime de 4 cm pe

pe strat de legătură de 5 cm );

- un tronson de 99 m strat de legătură de 5 cm grosime neprotejat;

- un tronson de 20 m covor asfaltic clutat cu piatră spartă 25-40 anrobată, cu lapte de var (în grosime de 4 cm pe strat de legătură de 5 cm );

- un tronson de 74 m de macadam cimentat; în grosime de 11 cm;

- un tronson de 119 m de macadam penetrat cu bitum de 11 cm grosime;

- un tronson de 1221 m de tratamente bituminoase de suprafață cu piatră concasată 15-25 mm.

Execuția tronsoanelor menționate mai sus s-a făcut sub asistența tehnică a Institutului de Cercetări și Proiectări Tehnologice în Transporturi pe baza caietelor de sarcini întocmite de acest institut.

Din punct de vedere al costului, consumurile de materiale consumuri energetice, situația este redată în figura V.9.

Din observațiile și măsurătorile făcute pe parcursul execuției cât și din analiza comparativă potrivit normelor tehnice în vigoare se desprind următoarele aspecte:

- Macadamul penetrat cu bitum - este o îmbrăcăminte semipermanentă, necesită lucrări de întreținere imediat după execuție, are durată de exploatare mică ; după 4 ani necesită o acoperire cu un covor asfaltic. Consumul de bitum ( 61-67,5 t/km) ținând seama de durata de exploatare este destul de mare în raport cu cel al covorului clutat (86,1-86,8)t/km.

Se propune să se folosească pentru ranforsarea drumurilor cu trafic redus ( drumuri locale ) și numai acolo unde piatra spartă se procură pe plan local.

- Covorul asfaltic clutat ( tronsoanele 13,14,16) prezintă avantaje din punct de vedere al consumurilor energetice în raport cu traficul și durata de exploatare mare ( 10 ani ) față de celelalte structuri ; se poate executa integral mecanizat cu excepția clutajului pentru care se propune asimilarea unui utilaj corespunzător.

Se propune pentru lucrări în construcții de drumuri și modernizări precum și pentru consolidarea drumurilor cu trafic mai mic de 3000 vehicule pe zi.

- Macadamul cimentat - este îmbrăcăminte semipermanentă, are durata de exploatare mică ( 2-3 ani) consum energetic mare, posibilități de mecanizare minime; este indicat pentru fundații, așa cum s-a utilizat cu mulți ani în urmă.



SECTOR EXPERIMENTAL DRUM NATIONAL NR.5  
 BUCURESTI GIURGIU KM. 23-25  
 STRUCTURI REALIZATE IN ANUL 1981 COMPARATIV CU STRUCTURI REALIZATE IN LUNA Iunie 1983

| ANUL                               | STRUCTURI REALIZATE                            | LUNG-<br>SIMI<br>m.l            | TIPIUL DE<br>INERCIAMINE<br>SI DURATA DE<br>EXPLORARE | TRAFIC<br>GENERAT<br>SI FRECVA<br>VEZIC. FORTA<br>24 ore | CONSUMURI MATERIALE<br>SI ENERGIE |                |                | OBSERVATII |
|------------------------------------|--|---------------------------------|---|--|-----------------------------------|----------------|----------------|------------|
|                                    |  |                                 |   |  | to. oim.<br>Km.                   | to. bit<br>Km. | to. cc.<br>Km. |            |
| 1981                               | <u>RIGIDE :</u><br>Bc 22/B sc 12/B 15          | —                               | permanență/24   | < 3000   | 793                               | 3              | 204            | 1243       |
|                                    | Tronso 1 : Bc 20/B sc 12/B 15                  | 200                             | -   | < 3000   | 532.0                             | 2.8            | 176            | 1139       |
|                                    | Tronso 2 : Bc 15/B sc 20/B 15                  | 200                             | -   | < 3000   | 492.3                             | 2.8            | 168            | 1139       |
|                                    | Tronso 3 : Bc 15/M 10/P 15/B 15                | 200                             | -   | < 3000   | 407.3                             | 2.8            | 178            | 1254       |
|                                    | Tronso 4 : Bc 6/Bc 14/B sc 15/B 20             | 200                             | -   | < 3000   | 516.8                             | 2.8            | 168            | 1194       |
|                                    | Tronso 5 : Bc 6/Bc 14/B sc 15/B 20             | 200                             | -   | < 3000   | 485.3                             | 2.8            | 178            | 1217       |
| 1983                               | Tronso 17 : Mac II                             | 74                              | permanență/24   | < 1500   | 187                               | —              | 118            | 592        |
| 1981                               | <u>NERIGIDE :</u><br>Bc 25/B sc 5/B sc 15/B 15 | 200                             | permanență/24   | < 3000   | 195                               | 132.1          | 45             | 1147       |
|                                    | Tronso 6 : Bc 1/Bc 4/B sc 15/B 15              | 100                             | -   | < 3000   | —                                 | 79.6           | 364            | 1892       |
|                                    | Tronso 7 : Mac II/B sc 15/B 15                 | 100                             | -   | < 3000   | —                                 | 67             | 296            | 944        |
|                                    | Tronso 8 : Mac II/B sc 15/B 15                 | 100                             | -   | < 3000   | —                                 | 80.5           | 256            | 1643       |
|                                    | Tronso 9 : Mac II/B sc 15/B 15                 | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 47             | 248            | 937        |
|                                    | Tronso 10 : Bc 1/Bc 4/B sc 15/B 15             | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 119.6          | 384            | 1000       |
|                                    | Tronso 11 : Mac II/B sc 15/B 15                | 100                             | permanență/24   | < 3000   | —                                 | 67             | 256            | 937        |
|                                    | Tronso 12 : Mac II/B sc 15/B 15                | 100                             | -   | < 3000   | —                                 | 79.6           | 364            | 1892       |
|                                    | Tronso 13 : Mac II/B sc 15/B 15                | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 80.5           | 256            | 1643       |
|                                    | Tronso 14 : Mac II/B sc 15/B 15                | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 47             | 248            | 937        |
|                                    | Tronso 15 : Mac II/B sc 15/B 15                | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 119.6          | 384            | 1000       |
|                                    | 1983   | Tronso 16 : Mac II/B sc 15/B 15 | 100   | permanență/24  | < 3000                            | —              | 67             | 256        |
| Tronso 17 : Mac II/B sc 15/B 15    |  | 100                             | -   | < 3000   | —                                 | 79.6           | 364            | 1892       |
| Tronso 18 : Bc 1/Bc 4/B sc 15/B 15 |  | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 80.5           | 256            | 1643       |
| Tronso 19 : Bc 1/Bc 4/B sc 15/B 15 |  | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 47             | 248            | 937        |
| Tronso 20 : Bc 1/Bc 4/B sc 15/B 15 |  | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 119.6          | 384            | 1000       |
| Tronso 21 : Mac II/B sc 15/B 15    |  | 100                             | permanență/24   | < 3000   | —                                 | 67             | 256            | 937        |
| Tronso 22 : Mac II/B sc 15/B 15    |  | 100                             | -   | < 3000   | —                                 | 79.6           | 364            | 1892       |
| Tronso 23 : Mac II/B sc 15/B 15    |  | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 80.5           | 256            | 1643       |
| Tronso 24 : Mac II/B sc 15/B 15    |  | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 47             | 248            | 937        |
| Tronso 25 : Mac II/B sc 15/B 15    |  | 200                             | -   | < 3000   | —                                 | 119.6          | 384            | 1000       |
| Tronso 26 : Mac II/B sc 15/B 15    |  | 100                             | permanență/24   | < 3000   | —                                 | 67             | 256            | 937        |

NOTA : Structurile solicitate de proiectant sunt executate in luna Iunie 1983

- Se propune a nu se adopta în viitor, decât în situații cu totul excepționale, la drumurile locale, la fundații de drumuri și numai în situația în care se asimilează utilaje specifice pentru răspîndirea mortarului și a celorlalte operații care în prezent se execută manual.

- Tratamente bituminoase - se pretează la mecanizare de peste 95% sînt eficiente din punct de vedere tehnic și economic pentru toate drumurile publice asfaltate a căror capacitate portantă este suficientă, dar prezintă îmbătrînirea îmbrăcămîntei.

x

x x

Primele concluzii asupra comportării în exploatare a celor 8 tronsoane experimentale se vor putea trage după trecerea cel puțin a încă unei ierni cu umiditate și frecvențe mari la îngheț-dezghet.

Din examinarea valorilor indicatorului rigidității sistemului rutier K reies următoarele:

- în ambele etape de măsurare, rigiditatea sistemului rutier pe tronsonul km 42+180-42+280 (cu straturi de ranforsare din mixtura asfaltică în grosime totală de 16 cm) este mai mare decât cea a sistemului rutier pe tronsonul km 42+300-42+400 (cu strat de ranforsare din balast stabilizat cu zgură granulată și straturi din mixtură asfaltică, în grosime de 8 cm);

- rigiditatea sistemului rutier pe tronsonul km 42+300-42+400 a crescut în timp, datorită întăririi balastului stabilizat cu zgură granulată.

Relațiile dintre efortul unitar radial de întindere de la baza straturilor bituminoase de pe tronsonul km 42+180-42+280 ( $\sigma_{r_1}$ ) și cel de la baza straturilor bituminoase de pe tronsonul km 42+300-42+400 ( $\sigma_{r_2}$ ) au următoarea expresie:

- în etapa de măsurare-aprilie 1981:

$$\sigma_{r_1} = 1,407 \sigma_{r_2} \quad r_2 = 0,711 \sigma_{r_1}$$

- în etapa de măsurare septembrie 1981

$$\sigma_{r_1} = 3,040 \sigma_{r_2} \quad r_2 = 0,329 \sigma_{r_1}$$

Din cele de mai sus reiese că straturile din mixtură asfaltică în cazul soluției de ranforsare cu strat din balast stabilizat cu zgură granulată sînt mult mai puțin solicitate decât cele din soluția de ranforsare numai cu straturi bituminoase,

./.

cea ce va determina o durată de viață mai mare a sistemului rutier pe tronsonul km 42+300-42+400 decât cel de pe tronsonul km 42+180-42+280, cu soluție clasică de ranforsare.

Pînă în prezent, nu se constată apariția unor fisuri de contracție ale sistemului stabilizat cu zgară granulată la suprafața stratului de rulare din mixtură asfaltică pe tronsonul km 42+300-42+400. În tabelele V.13-V 15 sînt prezentate fișele de experimentare pentru fiecare din tronsoanele executate.

FISA DE EXPERIMENTARE

D.N. 5

Tabel V.15

SECTOR EXPERIMENTAL : km 42+050 - km 42+400

TRONSON : ranforsare cu beton de ciment

km 42+050 - km 42+150

PROIECTAT : DDP București - anul 1980

EXECUTAT : DDP București

Perioada : banda dreapta 25-27.11.1980

banda stîngă 21-27.05.1981

- 1.Elemente geometrice : lățimea părții carosabile : 7,00 m
- 2.Alcătuirea sistemului rutier: 20 cm beton de ciment așternut pe îmbrăcăminte bituminoasă existentă
- 3.Perioada de perspectivă: 12 ani
- 4.Regimuri hidrologice ale complexului rutier: 2 b.
- 5.Adîncimea de îngheț : 90 cm
- 6.Characteristicile pămîntului de fundație și a straturilor rutiere.

6.1.Pămîntul de fundație ( din sondajele efectuate )

a. Granulozitate

|          |          |      |
|----------|----------|------|
| - argilă | 23 . . . | 30%  |
| - praf   | 15 . . . | 26 % |
| - nisip  | 53 . . . | 61 % |

b. Planeitate

|                            |            |        |
|----------------------------|------------|--------|
| - limita de curgere        | 49,5 . . . | 62,0 % |
| - limita de frămîntare     | 15,5 . . . | 19,5 % |
| - indicile de plasticitate | 32,5 . . . | 44,3   |

c. Modul de deformație (valoarea stabilită prin calcul)

$$E_d = 240 \text{ daN/cm}^2$$

6.2. Deformabilitatea la nivelul drumului existent (înaintea efectuării ranforsării).

./.

| Firul de<br>măsurare | $d_M$<br>1/100 mm | $C_v$<br>1/100 mm | $d_c = 2,5$<br>1/100 mm <sup>5</sup> |
|----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|
| stînga margine       | 73                | 34                | 46                                   |
| stînga ax            | 62                | 30                | 48                                   |
| dreapta ax           | 52                | 25                | 48                                   |
| dreapta margine      | 138               | 44                | 32                                   |
| secțiune             | 81                | 46                | 57                                   |

Modulul de deformăție echivalent al complexului ru-  
tier existent  $E_d = 742 \text{ daN/cm}^2$

### 6.3. Imbrăcăminte din beton de ciment.

#### a. Dozaje

#### a.1. Caracteristicile materialelor utilizate.

#### a.1.1. Ciment

| Nr. crt. | Tipul cimentului              | RIM 250<br>Fieni | BSS C.Lung | BSS Turda |
|----------|-------------------------------|------------------|------------|-----------|
| 1.       | Utilizat la :                 | laborator        | banda I    | banda II  |
|          |                               | ICPTT (          | dr. )      | ( stg. )  |
| 2.       | Finetea, %                    | 6,6              | 6,8        | 5,9       |
|          | inceput(ore)                  | 2,30             | 3,15       | 2,15      |
|          | sfîrșit(ore)                  | 3,30             | 4,30       | 4,15      |
| 3.       | Priza                         |                  |            |           |
|          | apa de ames-<br>tecare %      | 26,8             | 28,0       | 28,0      |
| 4.       | Rezistența la<br>tracțiune    | 3 zile           | 24,7       | 20,3      |
|          |                               | 7 zile           | 26,8       | 26,3      |
|          | daN/cm <sup>2</sup>           | 28 zile          | 30,8       | 38,0      |
| 5.       | Rezistența la<br>compresiune, | 3 zile           | 377        | 266       |
|          |                               | 7 zile           | 388        | 308       |
|          | daN/cm <sup>2</sup>           | 28 zile          | 407        | 382       |

#### a.1.2. Agregate

| Nr. crt. | Sort. agregate                             | Utilizat de :  | P.L. %     | Treceri. . . % din greutate prin sitele sau ciururile de . . . mm |      |      |      |       |       |
|----------|--|----------------|------------|---|------|------|------|-------|-------|
|          |  |                |            | 0,2   | 1    | 3    | 7    | 15    | 25    |
| 1.       | Nisip NAVROM-<br>GIURGIU<br>sort 0/3 mm    | ICPTT<br>IPPBG | 0,8        | 10,7  | 73,1 | 90,1 | 98,3 | 100,0 | -     |
|          |  |                |            | 10,7  | 67,7 | 88,5 | 97,9 | 100,0 | -     |
| 2.       | Pietriș NAVROM-<br>GIURGIU<br>sort. 3/7 mm | ICPTT<br>IPPBG | 0,4        | 1,1   | 12,7 | 33,2 | 81,4 | 100,0 | -     |
|          |  |                |            | 1,7   | 17,8 | 36,4 | 86,8 | 100,0 | -     |
| 3.       | Criblură<br>MALNAS<br>sort. 8/16 mm        | ICPTT<br>IPPBG | 5,4<br>0,4 | 7,1   | 8,7  | 10,6 | 20,3 | 96,8  | 100,0 |
|          |  |                |            | -   | -    | -    | 7,4  | 96,0  | 100,0 |
| 4.       | Criblură<br>MALNAS<br>sort. 16/25mm        | ICPTT<br>IPPBG | 1,7<br>0,3 | 2,0   | 2,1  | 2,1  | 2,2  | 9,1   | 98,7  |
|          |  |                |            | -   | -    | -    | -    | 20,7  | 100,0 |

./.

## a.1.3. Aditivi

La prepararea betoanelor s-a utilizat aditivul DISAN plastifiant, antrenor de aer.

## a.1.4. Apa de amestecare

La prepararea betoanelor s-a folosit apă din rețeaua publică.

## a.2. Dozaje de lucru

| Nr. crt. | Materiale componente             | U/M               | Beton dozaje ICPTT | Beton executat pe banda I (dr.) | Beton executat pe bandă II (stg.) |
|----------|----------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1.       | Ciment                           | kg/m <sup>3</sup> | 350                | 350                             | 390                               |
| 2.       | Apă                              | l/m <sup>3</sup>  | 160<br>(A/Cxo, 45) | 165<br>(A/Cxo, 47)              | 165<br>(Cxo, 47)                  |
| 3.       | Nisip 0/3 mm                     | kg/m <sup>3</sup> | 290                | 285                             | 245                               |
| 4.       | Pietriș 3/7 mm                   | kg/m <sup>3</sup> | 485                | 495                             | 495                               |
| 5.       | Criștură 8/16 mm                 | kg/m <sup>3</sup> | 582                | 480                             | 480                               |
| 6.       | Criștură 16/25 mm                | kg/m <sup>3</sup> | 583                | 650                             | 650                               |
| 7.       | DISAN % din greutatea cimentului | %                 | 0,3                | -                               | -                                 |

## a.3. Granulozitatea agregatului total

| Nr. crt. | Treceri . . % din greutate prin sitele sau<br>ciururile de . . . mm       |      |      |      |      |      |       |       |
|----------|---|------|------|------|------|------|-------|-------|
|          | 0,2   | 1    | 3    | 7    | 15   | 25   | 30    |       |
| 1.       | Granulozitatea betonului-<br>rețetă ICPTT                                 | 4,6  | 17,4 | 25,6 | 41,8 | 71,7 | 99,6  | 100,0 |
| 2.       | Granulozitatea betonului uti-<br>lizat pe sec-<br>torul experimen-<br>tal | 2,04 | 14,8 | 22,7 | 39,1 | 72,0 | 100,0 | -     |

## b. Caracteristicile betonului proaspăt.

| Nr. crt. | Caracteristicile betonului proaspăt           | Beton dozaje ICPTT | Beton executat pe banda I (dr) | Beton executat pe banda II (stg.) |
|----------|---|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1.       | Tasare (cm)                                   | 0,5                | 3,2                            | 4,0                               |
| 2.       | Răspîndire (cm)                               | -                  | 31-36                          | 34-39                             |
| 3.       | Grad de compactare (Gc)                       | 1,34               | 1,10                           | 1,17                              |
| 4.       | Densitate aparentă<br>bp (kg/m <sup>3</sup> ) | 2396               | 2491                           | 2442                              |
| 5.       | Conținut de aer oclus (%)                     | 2,8                | 2,8                            | 2,5                               |

## c. Caracteristicile betonului întărit determinate pe epruvete

## c.1. Rezistențe mecanic.

| Nr. crt. | Felul încercării                       | Banda   | Rezultatele încercărilor la 28 zile |                              |                           |                          |
|----------|--|---|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
|          |  |   | Număr epruvete                      | Rezistența medie             | Abaterea medie pătratică  | Coeficientul de variație |
| 0.       | 1.                                     | 2.  | 3. buc                              | 4. daN/cm <sup>2</sup>       | 5. daN/cm <sup>2</sup>    | 6. %                     |
| 1.       | Rezistența la compresiune              | Martor<br>banda I<br>banda II<br>medie<br>tronson | 3<br>18<br>11<br>29                 | 461<br>528<br>503<br>519     | -<br>76,1<br>13,8<br>63,2 | -<br>14,4<br>2,7<br>12,2 |
| 2.       | Rezistența la întindere din încovoiere | Martor<br>banda I<br>banda II<br>medie<br>tronson | 3<br>13<br>6<br>19                  | 55,2<br>60,3<br>74,3<br>64,1 | -<br>12,9<br>3,2<br>12,4  | -<br>21,4<br>4,3<br>19,4 |

REZULTATELE ÎNCERCĂRILOR LA 90 zile

|    |  |                  |    |      |      |      |
|----|--|------------------|----|------|------|------|
| 3. | Rezistența la compresiune              | medie<br>tronson | 9  | 582  | 70,6 | 12,1 |
| 4. | Rezistența la întindere din încovoiere | medie<br>tronson | 10 | 73,4 | 5,4  | 7,3  |

C.2. Contractția la uscare.

Contractția la uscare după . . . zile în mm/m

|                       | 14    | 21    | 28    | 56    | 90    | 180   | 270   | 360   |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beton ICPTT           | 0,092 | 0,143 | 0,143 | 0,369 | 0,482 | 0,502 | 0,512 | 0,523 |
| Beton sector experim. | -     | 0,048 | 0,149 | 0,292 | 0,395 | -     | -     | -     |

d. Perioada de execuție și condițiile meteorologice.

| Banda     | Perioada de execuție | De la km . . . la km . . . | Temperatura în °C |      | Umiditate relativă |      |
|-----------|----------------------|----------------------------|-------------------|------|--------------------|------|
|           |                      |                            | min.              | max. | min.               | max. |
| I (dr)    | 25-27.11.1980        | 42+050-42+150              | 2,8               | 17,0 | 46                 | 97   |
|           | 21-23.05.1981        | 42+050-42+122              | 9,5               | 24,3 | 31                 | 100  |
| II (stg.) | 26-27.05.1981        | 42+122-42+150              | 11,4              | 27,2 | 33                 | 97   |

e. Observații efectuate în perioada de execuție:

-Betoanele de ciment livrate de IPPB-Giurgiu au fost preparate fără aditivul DISAN.

-Timpul de fabricare, transport și așteptare, înainte de punerea în operă a betonului a variat între 1 h 30' . . . 2h 30' excepțional pînă la 3 h 30'.

-Betonul a fost așternut manual;

-Compactarea betonului s-a făcut cu placă vibratoare în greutate de 700 kg, avînd 3000 vibrații/min. și maiuri metalice, ceea ce a condus la apariția de văluriri și denivelări în suprafața

betonului, precum și denivelări între cele două benzi adiacente, între km 42+050-42+062 și km 42+098 -42+106.

-Suprafețele denivelate sau cele deschise (nevibrate) au fost corectate cu mortar de ciment, verificându-se cu ajutorul unei late de 3 m, fără a se folosi ruloul metalic.

-Suprafața finisată s-a striat cu ajutorul unei perii piassava purtată perpendicular pe axul drumului.

-După terminarea finisării suprafeței betonului, acesta nu a fost protejat cu acoperișuri glisante.

-Protejarea betonului proaspăt s-a efectuat numai prin stropirea suprafeței cu o peliculă de emulsie bituminoasă.

#### f. Modul de execuție al rosturilor:

- Rosturile transversale s-au efectuat astfel:

a. rosturile de dilatație, la distanța de 24 m (6 dale);

b. rosturile de contracție -încovoiere la distanța de 4 m ;

c. rosturile de contract, în locurile de întrerupere a betonării;

-Rosturile transversale de contracție-încovoiere de pe banda dreaptă s-au executat prin tăiere în betonul întărit cu mașina de tăiat rosturi (prototip).

-Rosturile transversale de contracție-încovoiere de pe banda stângă s-au executat prin introducerea prin vibrație în betonul proaspăt, a unei fișii de carton asfaltat, cu ajutorul unui cuțit vibrator.

g. Modul de tratare ulterioară a îmbrăcăminții executate.

Pentru eliminarea degradărilor suprafeței îmbrăcăminții din beton (alveole, ciupituri, denivelări etc )aceasta a fost acoperită înainte de darea în circulație cu un strat de emulsie bituminoasă.

#### 6.4. Starea suprafeței:

-Controlul suprafeței îmbrăcăminții realizate s-a realizat prin observații vizuale ( pentru repararea fisurilor și degradărilor) completate cu măsurători efectuate cu ajutorul viagrafului, prin metoda " înălțimii de nisip" și aparatul SKT.

-Din observațiile vizuale s-a constatat că suprafața îmbrăcăminții prezintă ciupituri, alveole, denivelări și vâluriri, datorită faptului că așternerea, compactarea și finisarea betonului nu s-a făcut cu utilaje specifice execuției de îmbrăcăminți din beton de ciment, precum și uzurii și desprinderii

mortarului de ciment cu care s-au făcut corecturile suprafeței îmbrăcăminții.

Înainte de darea în circulație suprafața betonului a fost acoperită de emulsie bituminoasă, ceea ce a condus la diminuarea proprietăților antiderapante a îmbrăcăminții, datorită astupării striurilor suprafeței betonului de ciment.

- Măsurătorile efectuate cu ajutorul viagrafului au dat următorii coeficienți medii pentru "indicatorul hectometric vigraf" înregistrat grafic ( $I_{hv}$ ) și electronic (E):

| BANDA   | $I_{hv}$ | E    |
|---------|----------|------|
| Dreapta | 162      | 17,5 |
| Stînga  | 122      | 20,0 |

- Măsurătorile efectuate prin metoda "înălțimii de nisip" (HS) au dat următoarele valori medii: ale rugozității geometrice:

|                         |    |          |
|-------------------------|----|----------|
| banda dreaptă . . . . . | HS | 0,127 mm |
| banda stîngă . . . . .  | HS | 0,127 mm |
| media . . . . .         | HS | 0,127 mm |

- Măsurătorile efectuate cu aparatul SKT au dat următoarele valori medii : ale rezistenței la alunecare:

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| banda dreaptă . . . . . | 63,6 unități SRT |
| banda stîngă . . . . .  | 59,7 unități SRT |
| media . . . . .         | 61,5 unități SRT |

#### 6.5. Caracteristicile betonului de ciment.

- Din măsurătorile efectuate pe carotele extrase rezultă că s-a realizat o grosime medie a îmbrăcăminții de 20 cm, deci cu 4 cm în plus decât minimum stabilit, grosimea dalelor variind între minimum 16 cm și maximum 24 cm.

| Nr. crt.                    | U/M                 | Rezistența la compresie $R_c$ (daN/cm <sup>2</sup> ) la 28 zile |        | Rezist. la întindere din încovoiere (daN/cm <sup>2</sup> la 28 zile) |        |
|-----------------------------|---------------------|---|--------|--|--------|
|                             |                     | epruvete  | carote | epruvete   | carote |
| 1. Număr încercări          | buc                 | 29  | 11     | 19   | 3      |
| 2. Rezistența               |                     |   |        |  |        |
| - min.                      | daN/cm <sup>2</sup> | 409   | 284    | 39,6   | 40,4   |
| - max.                      | cm <sup>2</sup>     | 693   | 579    | 77,5   | 71,9   |
| 3. Rezistența medie         | "                   | 519   | 439    | 64,1   | 52,6   |
| 4. Abateroa medie patratică | "                   | 63,2  | 101,2  | 12,4   | 13,8   |
| 5. Coeficient de variație   | %                   | 12,2  | 23,0   | 19,4   | 26,2   |



FISA DE EXPERIMENTARE

Tabelul V.14

D.N.5

SECTOR EXPERIMENTAL km 42+050 - 42+400

Tronson : km 42+300 - 42+350

Proiectat : DDP București - anul 1980

Executat : DDP București

Perioada : 1.X. - 14.X.1980

1.Elemente geometrice : lățimea platformei 7,50 m

2.Alcătuirea sistemului rutier:

3 cm beton asfaltic

5 cm strat de legătură

15 cm balast stabilizat cu zgură

îmbrăcăminte existentă

3.Traficul de calcul avut în vedere la dimensionarea complexului

rutier : pentru 1986 -  $N_{A_{13}} = 9243$ 

4.Perioada de perspectivă : 6 ani

5.Capacitatea portantă necesară a complexului rutier.

5.1.  $E_d \text{ ech.nec.} = 760 \text{ daN/cm}^2$ 

6.Regimul hidrologic al complexului rutier : 2 b

7.Adâncimea de îngheț : 90 cm

8.Characteristicile pământului de fundație și al straturilor rutiere

8.1.Pământ de fundație( din sondajele efectuate în corpul drumului existent)

a.granulozitate

- argilă 23 . . .30%

- praf 15 . . .26%

- nisip 53 . . .61%

b.plasticitate

- limita de curgere 49,5 . . .62,0 %

- limita de frământare 15,5 . . .19,5 %

- indicele de plasticitate 32,5 . . .44,3%

c.Modul de deformație (valoare stabilită prin calcul)

 $E_d = 240 \text{ daN/cm}^2$ .

### 8.3. Strat de ranforsare din balast stabilizat cu zgură granulată.

#### a. Dozajul de lucru :

- 70% balast
- 30% zgură granulată
- 3% var hidratat în pulbere
- 9% apă (raportată la amestecul de balast de zgură granulată și var )

#### b. Caracteristici de compactare :

$$\begin{aligned} \text{max} &= 1,959 \text{ g/cm}^3 \\ w_{\text{opt}} &= 9,0 \% \end{aligned}$$

#### c. Grad de compactare : 81,0 . . . . 108,0 %

#### d. Caracteristici mecanice ( determinate pe probe de diferite vârste)

| Proba Nr . . . . | Caract.de compactare |     | $R_c, \text{daN/cm}^2$ |         |
|------------------|----------------------|-----|------------------------|---------|
|                  |                      |     | 14 zile                | 28 zile |
| 1                | 2,130                | 5,6 | 104,0                  | 1,8     |
|                  |                      |     |                        | 2,0     |

#### e. Deformabilitatea la nivelul superior al stratului stabilizat după 30 zile de la terminarea execuției ( 14.XI.1980)

| Vir de măsurare | $d_M$    | $C_V$      | $d_c$    |
|-----------------|----------|------------|----------|
|                 | 1/100 mm | 1/100 mm % | 1/100 mm |
| stînga margine  | 57       | 11         | 78       |
| stînga ax       | 46       | 3          | 53       |
| dreapta ax      | 47       | 23         | 92       |
| dreapta margine | 32       | 10         | 51       |
| Secțiunea       | 24       | 18         | 89       |

Măsurătorile au fost efectuate la nivelul superior al stratului de binder deoarece a fost necesară acoperirea imediată a stratului stabilizat datorită faptului că sectorul experimental a fost executat sub circulație.

f. Perioada de execuție : IX-14.X.1980

g. Condiție meteorologică: timp frumos

h. Observații efectuate în timpul execuției

Dozarea varului a fost făcută manual direct pe banda transportoare ( un sac de var în 4 minute ), asigurându-se un dozaj de var apropiat de cel prescris în caietul de sarcini.

- grosimea stratului a fost realizată (h=15...17 cm)

Tabelul V.15

#### FISA DE EXPERIMENTARE

SECTOR EXPERIMENTAL : km 42+050 - 42+400

Tronson : km 42+350 - 42+400

Proiectant : DDP București- anul 1980

Executant : DDP București

Perioada 13.X.-24.X.1980

1. Elemente geometrice : lățimea platformei 7,50 m

2. Alcătuirea sistemului rutier

3 cm beton asfaltic

5 cm strat de legătură (Ba 25-80)

15 cm balast cu adaos de criblură stabilizat cu zgură granulată

3. Traficul de calcul luat în considerare la dimensionarea complexului rutier : pentru 1986 -  $N_A = 9243$

4. Perioada de  $A_{13}$  perspectivă : 6 ani

5. Capacitatea portantă a complexului rutier

5.1.  $E_d$  ech. nec. = 760 daN/cm<sup>2</sup>

6. Regimul hidrologic al complexului rutier : 2 b

7. Adâncimea de îngheț : 90 cm

8. Caracteristicile pământului de fundație și al straturilor rutiere.

8.1. Pământul de fundație (din sondajele efectuate)

a. granulozitate

- argilă 23 . . . 30%

- praf 15 . . . 26%

- nisip 53 . . . 61%

b. plasticitate

- limita de curgere 49,5 . . . 62,0%

- limita de frământare 15,5 . . . 19,5%

- indicele de plasticitate 32,5 . . 32,5 %

c. modul de deformație (valoarea stabilită prin calcul)

$E_d = 240$  daN/cm<sup>2</sup>

./.

8.2. Deformabilitatea la nivelul drumului existent (înaintea efectuării ranforsării).

| Fir de măsurare | $d_M$    |          | $C_v$ | $d_c$            |
|-----------------|----------|----------|-------|------------------|
|                 | 1/100 mm | 1/100 mm |       |                  |
|                 |          |          |       | =2,5<br>1/100 mm |
| stînga margine  | 118      | 28       | 24    | 176              |
| stînga ax       | 75       | 19       | 25    | 115              |
| dreapta ax      | 90       | 45       | 50    | 184              |
| dreapta margine | 129      | 44       | 34    | 221              |
| Secțiune        | 85       | 71       | 83    | 224              |

Modulul de deformație echivalent al complexului rutier existent  $E_d = 717 \text{ daN/cm}^2$ .

8.3. Strat de ranforsare din balast cu adaos de cri-blură stabilizat cu zgură granulată.

a. Dozajul de lucru

40% balast

30% criblură sort 8-16

30% zgură granulată

3% var hidratat în pulbere

9,2% apă ( raportată la amestecul uscat

de balast ,criblură, zgură granulată și var)

b. Caracteristici de compactare

$$d_{\max} = 2,029 \text{ g/cm}^3$$

$$w_{\text{opt}} = 9,2 \%$$

c. Grad de compactare : 91,0 . . . 110,0%

d. Caracteristicile mecanice (determinate pe probe de diferite vârste):

| Proba nr. . . . | Caracterist. de compactare $K_c, \text{daN/cm}^2$ |        |        |         |         |
|-----------------|---|--------|--------|---------|---------|
|                 | $d$<br>g/cm <sup>3</sup>                          | w<br>% | C<br>% | 14 zile | 28 zile |
| 1               | 2,07  | 6,6    | 102,0  | 4,4     | 7,5     |

e. Deformabilitatea la nivelul superior al stratu-  
lului stabilizat după 14 zile de la terminarea execuției (14.XI.  
1980)

| Fir de măsurare | $d_M$<br>1/100 mm | 1/100 mm | $c_v$<br>% | $d_{c=2,5}$<br>1/100 mm |
|-----------------|-------------------|----------|------------|-------------------------|
| Stînga margine  | 57                | 12       | 24         | 82                      |
| Stînga ax       | 40                | 10       | 26         | 62                      |
| Dreapta ax      | 58                | 9        | 16         | 77                      |
| Dreapta margine | 42                | 6        | 15         | 55                      |
| Secțiune        | 49                | 14       | 29         | 78                      |

Măsurătorile au fost efectuate la nivelul superior al stratului de binder deoarece a fost necesară acoperirea imediată datorită faptului că sectorul experimental a fost executat sub circulație.

f. Perioada de execuție : 13.X.-24.X.1980.

g. Condiții meteorologice: timp frumos.

h. Observații efectuate în timpul execuției.

- Compactarea stratului s-a realizat cu ajutorul compactorului vibrator pe pneuri de 14 tone tip SIMESA.

De menționat că stratul stabilizat se compactează foarte bine prezentînd o stabilitate inițială bună. Acest lucru este confirmat și de faptul că execuția a fost făcută sub circulație.

- Grosimea stratului de balast stabilizat a fost realizată conform caietului de sarcini.

#### 4. SOLUȚII CLASICE DE RANFORSARE A COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE

La aplicarea acestor soluții care au avut cea mai mare longevitate și arie de aplicare calculul s-a făcut pe baza prevederilor Legii nr. 43/1975 privind proiectarea, construirea și modernizarea drumurilor și a STAS 1333/68.

S-au utilizat "Instrucțiunile tehnico-departamentale pentru sisteme rutiere rigide și nerigide" ind.P.D.177/76 publicate în Buletinul Construcțiilor nr.8/1977.

Perioada de perspectivă pentru care s-a efectuat dimensionarea sistemelor rutiere, a fost stabilită de regulă pe baza traficului de perspectivă de 15 ani, exprimat în vehicule fizice conform Buletinului Transp.nr.11/1975.

Pentru calculul traficului de perspectivă s-a considerat traficul recensat în anul 1980. Se prezintă un exemplu de calcul și anume: DN 2 km 75+500-81+500 situat între Urziceni și Buzău recensămînt înregistrat în anul 1980 la postul de control nr.13 amplasat pe DN 2 km 76+100 aplicabil pe sectorul de la km 68+000-la km.88+000

./.

- trafic 1980- - 3891 vehicule fizice
  - trafic 1995 -11314 vehicule etalon autoturisme
  - durata de calcul - 6 ani față de anul de construcție
  - trafic 1988 - 5988 vehicule etalon A.13
- $$k = 0,5 - 0,65 \log 5988 = 0,5 + 0,65 \times 3,670 = 2,89$$

$$E_{nec} = \frac{3,14}{2} \times \frac{5}{0,035} \times 1,1 \times 2,89 = 713 \text{ daN/cm}^2$$

713 daN/cm<sup>2</sup>

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 616 | XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  | 4 cm Beton asphaltic bogat în criblură<br>E = 2800 daN/cm <sup>2</sup>      |
| 520 | XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  | 5 cm strat de legătură E=2600 daN/cm <sup>2</sup>                           |
| 434 | OOOO O O O OoO<br>OoOoOoO oO oO oOo Oo   | 5 cm asfalt existent E = 2400 "   |
| 346 | O O O O O OoOoOoO<br>D 8 D <sup>0</sup> OD <sup>0</sup> O <sup>0</sup><br>O o O <sup>0</sup> o o ° o | 8 cm macadam ordinar E = 1300 "<br>30 cm balast E = 800 daN/cm <sup>2</sup> |

120

In anexa V1 sînt prezentate cîteva tipuri din sectoarele realizate cu astfel de soluții.

#### 5.ALTE SOLUTII UTILIZATE PENTRU RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE

In afara soluțiilor descrise la pct.2.3. și 4 la ranforsarea complexelor rutiere au fost utilizate și următoarele tipuri de straturi rutiere.

##### 5.1.BETOANE ASFALTICE PE STRATURI DE BAZA DIN PIATRA SPARTA

Soluția a fost aplicată în cadrul unor lucrări de ranforsări realizate din fondurile de reparații capitale pe DN 12 C Gheorghieni-Bicaz și DN 12 Tușnad-Miercurea Ciuc grosimea stratului de bază fiind de 10-12 cm.

Tehnologia de execuție a constat din așternerea stratului de piatră spartă direct pe îmbrăcămintea bituminosă veche a cărei degradări mari au fost inițial reparate.S-a efectuat compactarea pînă la realizarea gradului de compactare stabilit după care s-a așternut straturile de legătură și de uzură stabilite conform proiectului.

./.

Soluția aplicată a avut ca efect pe lângă reducerea simțitoare a cantității de bitum și aceea a evitării apariției fisurilor și crăpăturilor existente din vechea îmbrăcăminte.

#### 5.2. IMBRACAMINTI BITUMINOASE USOARE

Pe mai multe drumuri în mod special din Oltenia s-a aplicat cu succes în ultimii 3 ani ranforsarea complexelor rutiere cu straturi identice cu cele folosite la realizarea îmbrăcămintilor bituminoase ușoare folosind în acest scop anrobatele bituminoase.

Rezultatele după 2-3 ani de exploatare sînt foarte bune. Astfel de soluții s-au aplicat pe DN 56 Craiova-Bechet, DN 67 D Baia de Aramă-Tg.Jiu, DN 65 C Craiova-Bălcești etc.

#### 5.3. STRATURI DE BAZA DIN ANROBATE CU TRATAMENTE BITUMINOASE

Această soluție reprezintă o variantă a soluției anterioare, este executată în fapt într-un singur strat din anrobate bituminoase folosind produsele de balastieră după care în final stratul a fost protejat cu un tratament bituminos simplu.

Soluția s-a aplicat pe multe din drumurile naționale din Moldova, în special cele cu trafic mai redus, cu rezultate bune.

#### 5.4. BETOANE ASFALTICE PE STRATURI DIN AGREGATE MINERALE STABILIZATE CU ZGURI SI FOSFOGIPS.

Stratul de bază din agregate minerale stabilizate cu zgură și gips a fost realizat pentru prima dată pe DN 2 G Bacău-Moinești în 1981 folosind tehnologia de stabilizare.

#### 5.5. STRATURI BITUMINOASE PE STRAT DE BAZA DIN AMESTECURI OPTIMALE SI ZGURA

Soluția constă în fapt din înlocuirea balastului din stratul de bază a sistemului proiectat cu un amestec optimal din balast și piatră spartă stabilizate cu zgură granulată.

Soluția a fost realizată pe cca 10 km pe DN 21 Brăila-Slăbozia în anii 1981-1982 cu rezultate corespunzătoare.

#### 5.6. STRATURI DIN DALE DE BETON DE CILENT FOLOSITE LA RANFORSARE

În afara celor experimentale menționate la pct.3 s-au realizat ranforsări pe sectoare lungi de drumuri însumînd pînă în prezent cca 50 km drum.

Această tehnologie este în prezent în curs de ex-

tindere ca urmare dificultăților existente în aprovizionarea cu bitum.

Potrivit programelor de ranforsare a rețelei de drumuri publică din RSR programe aprobate de Biroul executiv al Consiliului de conducere al MTTc în următorii ani accentul în ceea ce privește ranforsarea complexelor rutiere se va pune pe folosirea cu precădere a betonului de ciment.

În anexele V 1 și V 2 sînt precizate evoluțiile în perspectivă a volumelor de ranforsări ale complexelor rutiere folosind tehnica betonului de ciment.

Primele sectoare experimentale realizate cu beton de ciment sînt cele menționate în anexa V 3 și au fost începute în anul 1978.

Din datele obținute pe parcursul experimentării la unele din aceste sectoare rezultă de exemplu următoarele :

#### 5.6.1. Sectorul DN 1 H km 93+595-95+930

- Compoziția betonului , stabilită pe baza încercărilor preliminare pot fi :

- ciment BSS 350 kg/m<sup>3</sup>
- apă 160 l/m<sup>3</sup> (A/C = 0,54 )
- nisip 0-7 m/m 660 kg/m<sup>3</sup> - 756 kg/m<sup>3</sup>
- criblură 8-16 m/m 660 kg/m<sup>3</sup> - 567 kg/m<sup>3</sup>
- criblură 16-25m/m 570 kg/m<sup>3</sup> - 567 kg/m<sup>3</sup>

---

2.400 kg/m<sup>3</sup>

La execuție a fost utilizat aditivul " DISAN" în proporție de 0,3% din greutatea cimentului.

Din datele rezultate din determinări în timpul și după realizarea îmbrăcăminte rezultă:

- betonul realizat este puțin poros;
- este slab compactat la partea inferioară;
- grosimea realizată medie este de 23,5 cm cu 1,5 cm în plus față de proiect;
- rezistența medie de rupere la compresiune de 343 daN/cm<sup>2</sup> cu o rezistență minimă de 304 daN/cm<sup>2</sup> și o rezistență maximă de 371 daN/cm<sup>2</sup>;
- rezistența medie de rupere la întindere din încovoiere de 48 daN/cm<sup>2</sup> , cu o rezistență minimă de 40,0 daN/cm<sup>2</sup> , o rezistență maximă de 55 daN/cm<sup>2</sup>;

./.



. o densitate medie aparentă de  $2317 \text{ kg/m}^3$ , cu o densitate minimă de  $2171 \text{ kg/m}^3$  și o densitate maximă de  $2431 \text{ kg/m}^3$

Valorile scăzute ale rezistenței la compresiune se datoresc pe deoparte vibrofinisorului care nu a avut capacitatea să asigure vibrarea pe o grosime de 23,5 cm iar pe de altă parte lipsei de protecție a betonului proaspăt cu acoperișuri în timpul execuției.

Nisipul fin aprovizionat în acest scop și menținut umed nu a asigurat un regim corespunzător de întărire a betonului.

#### 5.6.2. Realizări obținute la ranforsări cu beton de ciment în anul 1983

Continuarea lucrărilor de ranforsare cu beton de ciment potrivit programelor menționate în anexele V.1 - V.2 a făcut posibilă realizarea în 1983 a 37 km beton de ciment pe un număr de .16. trasee ( anexa V.4 ).

Din datele obținute pe epruvete cât și din carotele extrase cu ocazia recepțiilor au rezultat că majoritatea cazurilor au fost obținute rezistențe corespunzătoare atât la compresiune pe cuburi cât și la întindere din încovoiere ( anexa V.5 ).

#### 5.6.3. Concluzii privind ranforsarea îmbrăcămintilor cu beton de ciment

Cele mai bune caracteristici fizico-mecanice ale betoanelor s-au obținut atunci când pentru prepararea lor s-au folosit 4 sorturi granulare, deoarece acest lucru a condus la realizarea unei compactități superioare a betoanelor.

În consecință pentru realizarea betoanelor rutiere de marcă B 400 și B 450 este indicat a se trece la utilizarea următoarelor 4 sorturi granulare : 0/3 mm - 3/7 mm - 7/15 mm și mai mare de 15 mm.

Amenajarea ariilor de depozitare a agregatelor și manipularea lor în depozit trebuie făcută astfel încât să nu modifice calitatea acestora prin poluare, amestecarea cu alte sorturi granulare, segregări sau producerea de părți fine.

Fundația pe care se execută îmbrăcămintea din beton de ciment trebuie să fie omogenă ca portanță, insensibilă la apă și rezistentă la eroziune.

Înainte de așternerea betonului, este necesar să se realizeze sub dală un film etanș care să împiedice scurgerea și acumularea de părți fine la interfața beton-fundație ( fenomenul de pompaj ), care este una din principalele cauze de degradare a îmbrăcămintilor din beton de ciment.

Studierea comportării dalelor așezate pe diversele tipuri de straturi suport va permite să se tragă concluzii în ceea ce privește soluția cea mai indicată de adoptat pentru suprimarea fenomenului de pompaj.

La execuția ranforsărilor cu beton de ciment pe îmbrăcăminți bituminoase vechi este necesar a se prevedea un strat de egalizare, pentru eliminarea denivelărilor și dereglărilor, care în același timp are și rolul de a permite mișcarea liberă a dalelor la construcție și dilatare.

Transportul betonului, în cazul execuției în două straturi trebuie efectuat numai cu mijloace de transport cu descărcare laterală (cu bena amenajată corespunzător).

Pe timp de arșiță sau ploaie, suprafața liberă de beton trebuie să fie protejată pentru a se evita modificarea caracteristicilor betonului.

Punerea în operă a betonului trebuie efectuată numai prin utilizarea de longrine de înălțime corespunzătoare grosimii de beton de pus în operă.

La montare, capetele longrinelor trebuie așezate perfect la același nivel ca să asigure trecerea ușoară a vibrofinisorului și obținerea unei suprafețe bune a îmbrăcăminții, deoarece nealinierea longrinelor reproduce în suprafața betonului, mai mult sau mai puțin atenuat, neregularitățile acestora.

Punerea în operă a betonului trebuie efectuată cu utilaje (repartizator de beton și vibrofinisor) în perfectă stare de funcționare, căci numai astfel se poate asigura o compactare uniformă a betonului și o suprafață corespunzătoare îmbrăcăminții.

La îmbrăcămințile executate în două straturi, șantierul trebuie să execute lucrările cu 2 seturi de utilaje (2 repartizatoare de beton și 2 vibrofinisoare) câte unul pentru fiecare strat.

După terminarea finisării betonului pînă la completa avîntare a acestuia, betonul trebuie protejat cu acoperișuri glisante, după care trebuie acoperit cu o peliculă de protecție, care să asigure un regim umed de întărire a betonului, timp de minimum 10 zile, pentru a se evita fisurarea prematură și modificarea caracteristicilor betonului, permițînd astfel o comportare bună a acestuia, în special în suprafață.

Tăierea rosturilor trebuie efectuată în timp util, înainte ca contracția să producă fisuri, bineînțeles după ce betonul a atins o rezistență suficientă pentru a suporta tăierea fără degradarea marginilor rosturilor.

Pentru a se evita fisurarea betonului în afara rosturilor este necesar să se efectueze cercetări pentru introducerea

în standarde și normative de prevederi privind protecția betonului și timpul optim de tăiere a rosturilor, în funcție de condițiile meteorologice și tipul de ciment utilizat.

Betoanele rutiere cu adaosuri utilizate și anume:

- beton de ciment și zgură granulată;

- beton de ciment și cenușă de termocentrală,

conduce la un consum mai redus de ciment (economie de energie) și anume 350 kg ciment/m<sup>3</sup> la betonul cu zgură granulată și 290 kg ciment/m<sup>3</sup> la betoanele cu cenușă de termocentrală, în loc de 330 kg ciment/m<sup>3</sup> la betoanele clasice.

Ambele tipuri de betoane nu prezintă dificultăți de preparare, însă pentru omogenizarea amestecului, durata de malaxare trebuie să fie cu 50% mai mare cât la betoanele rutiere obișnuite, iar punerea lor în operă nu diferă de cea a betoanelor clasice.

Lucrabilitatea și rezistențele mecanice sînt echivalente cu ale betoanelor clasice.

Se menționează necesitatea formării unor echipe de lucru specializate, pentru lucrări de îmbrăcămînți de beton de ciment pentru asigurarea realizării în condiții corespunzătoare a acestor lucrări.

Pe tot parcursul execuției s-a efectuat un control permanent al calității betonului și al modului de execuție al îmbrăcămînței, constatările fiind menționate în fișele de experimentare ale tronsoanelor (1-5).

#### 5.7. RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE

##### FOLOSIND STRATURI DE BAZA STABILIZATE CU TUF VULCANIC

Adaptată după Instrucția tehnică departamentală de execuție a straturilor rutiere din agregate stabilizate cu tuf vulcanic, tehnologia respectivă poate fi aplicată la ranforsarea unor sectoare de drumuri publice cu îmbrăcămînți nerigide a căror capacitate portantă impune realizarea acestei ranforsări.

Prepararea amestecului stabilizat cu tuf vulcanic operațiune ce se poate realiza în stații fixe dotate cu betoniere cu dozare gravimetrică și volumetrică a agregatelor, varului, tufului și apei.

Așternerea se poate realiza între longrine cu vibrofinisoare de tipul celor utilizate la betoanele de ciment sau cu autogreder compactarea realizîndu-se cu grinda vibratoare a acestui utilaj urmată de compactarea cu cilindrii vibratorii sau liși.

Acoperirea stratului stabilizat cu tuf vulcanic poate fi realizată provizoriu cu tratament bituminos.

De notat că variantele ce pot fi luate în considerare pentru acoperirea acestui strat sînt multiple (covoare bituminoase tratamente, betoane de ciment turnate odată cu stratul stabilizat, straturi bituminoase din materiale recuperate, gudroare reconstituite sau combinații dintre acestea și alte produse etc).

Este de reținut că experimentările efectuate pe mai multe drumuri publice în scopul testării și determinării în consecință a caracteristicilor fizico-mecanice ale unor astfel de straturi stabilizate cu tuf vulcanic și în final a capacității portante ale sistemelor rutiere respective în ansamblu au scos în evidență următoarele :

- deformabilitatea complexului rutier pe sectoarele experimentale este mai redusă decît cea a complexului rutier cu alcătuire clasică cu care s-a comparat ;

- sectoarele experimentale realizate cu aceste straturi pot prelua volume de trafic de două ori mai mari decît cele martor, deci în condiții de solicitare identice din punct de vedere al traficului vor avea o durată mai mare de serviciu.

Aceste concluzii au fost trase ca urmare a realizării sectoarelor experimentale realizate pe DN 7 A Brezoi-Voineasa, DJ 643 B Băbeni-Oltețu-Oveselu-Roiești și DN 5 București-Giurgiu.

#### 5.7. Caracteristici mecanice și de deformabilitate ale amestecurilor studiate.

Valorile rezistențelor la compresiune, la întindere a modulului de deformare și a celui de elasticitate cresc în timp. Astfel rezistența la compresiune la 60 zile are valori de 2,67-3,83 ori mai mari față de cea realizată la 7 zile.

Dependența funcțională între valorile rezistenței la compresiune determinate la vîrsta de 28 zile și cele ale rezistenței la compresiune la vîrsta de 14 zile este liniară, ecuația de regresie fiind  $R_c 28 + 0,263 + 1,433 R_c 14$  ; În ce privește rezistența la compresiune la 60 zile ecuația de regresie este  $R_c 60 = 1,513 + 2,605 R_c 14$ .

Modulul de deformare la 7 zile are valori cuprinse între  $1000 \text{ daN/cm}^2$  -  $1835 \text{ daN/cm}^2$  ajungînd la peste  $6000 \text{ daN/cm}^2$  la 60 zile. Modulul de elasticitate la 7 zile are valori cuprinse între  $3000$ - $5800 \text{ daN/cm}^2$  ajungînd la peste  $8000 \text{ daN/cm}^2$  la 60 zile.

În cazul reducerii varului de la 4% de ex. la 3% se obțin valori mai scăzute ale acestor rezistențe dar care satisfac corespunzător rezistențele cerute.

Un exemplu de dozare folosit la sectoarele experimentale de pe DN 65 C km 104+280 - 104+380 și km 104+900-104+999 (amestec în situ)

- balast de Măldărești 89%
- tuf vulcanic de Ocnele Mari cu minim.60% fracțiuni sub 0,09 mm 8%
- var 3%
- apă (raportată la amestec balast, tuf vulcanic și var 6-7%

În ce privește dependența funcțiilor între mărimea rezistenței la întindere determinată prin încercarea Braziliană și cea a rezistenței la compresiune determinată la aceeași vîrstă, aceasta este caracterizată printr-o corelație neliniară de forma  $Y = a x^b$ . [V.1]

Pe tipuri de materiale utilizate, ecuațiile devin :

- amestecuri optimale  $R_t = 0,055 R_c^{1,189}$  [V.2]

- balast cu agregat concasat  $R_t = 0,036 R_c^{1,357}$  [V.3]

- balast  $R_t = 0,066 R_c^{1,057}$  [V.4]

#### 5.8. RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE FOLOSIND TEHNICA REFOLOSIRII ÎMBRĂCĂMINȚILOR BITUMINOASE VECHI

În anul 1981 în cadrul Direcției de drumuri și poduri Craiova în instalația ANG de la Podari s-a realizat pentru prima dată în țară, la scară industrială și printr-un procedeu original mixtura asfaltică prin recuperarea totală a agregatelor și bitumului din deșeurile rezultate la decaparea îmbrăcăminților vechi degradate.

Tehnologia de reciclare a constat din malaxarea a 10-30% mixturi concasate vechi în prezența a 50-70% agregate noi fierbinți pînă la omogenizare, după care s-a adăugat fillerul și bitumul suplimentar necesar pentru înscrierea în dozajul prescris de laborator; mixtura rezultată a fost folosită atât la reparații îmbrăcăminți bituminoase cît și la ranforsarea unor îmbrăcăminți vechi a căror straturi solicitau un spor de grosime. Astfel de ranforsări au fost realizate pe DN 56 Craiova-Calafat în următoarele soluții:

- km 8+112-8+212 strat de legătură ;
- km 8+212-8+312 strat de legătură sector martor ;

-km 8+312-8+412 strat de bază sector martor

De asemenea s-a folosit în mod experimental și ca strat de bază la banda suplimentară pe DN 56 km 23-24.

Un sector experimental de acest fel s-a executat și în cadrul DDP Iași pe DN 2 km 390-391 Moțca-Fălticeni.

Rezultatele corespunzătoare obținute la DDP Craiova au condus la extinderea aplicării acestui procedeu și alte formații din cadrul celorlalte direcții de drumuri și poduri.

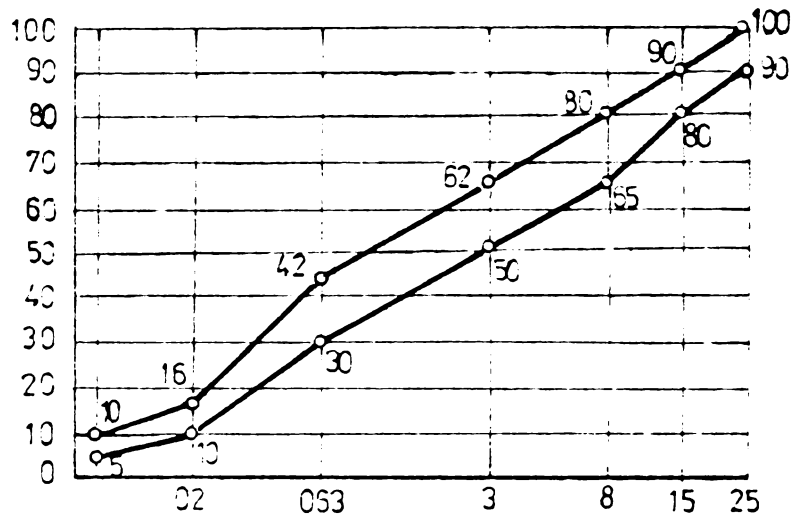
Avantajele acestui procedeu sînt nete, costul unei tone de mixturi reducîndu-se cu cca 20% față de procedeul clasic.

În fig.V.10 -V.13 sînt redată dozajele și încercările de laborator pentru mixturile realizate în această tehnologie.

DOZAJE ȘI ÎNCERCĂRI DE LABORATOR

FIG.V. 10. MIXTURA CONCASATA

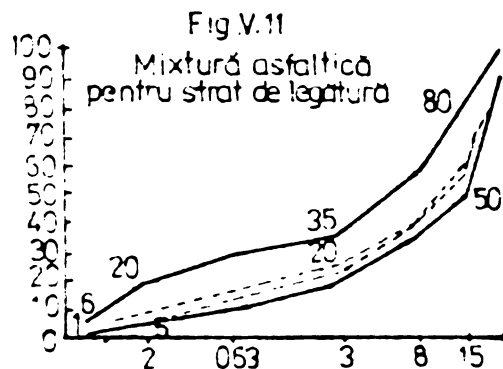
a) ZONA GRANULOMETRICĂ



b) CARACTERISTICILE BITUMULUI EXTRAS DIN MIXTURA CONCASATĂ:

- punctul de înmuiere înel și bilă 43° - 50°C
- ductilitate 55 - 100 cm
- punct de rupere Frass 10° - 12°C
- conținutul mediu de asfaltene 30%

a) CURBA GRANULOMETRICĂ



b) DOZAJE:

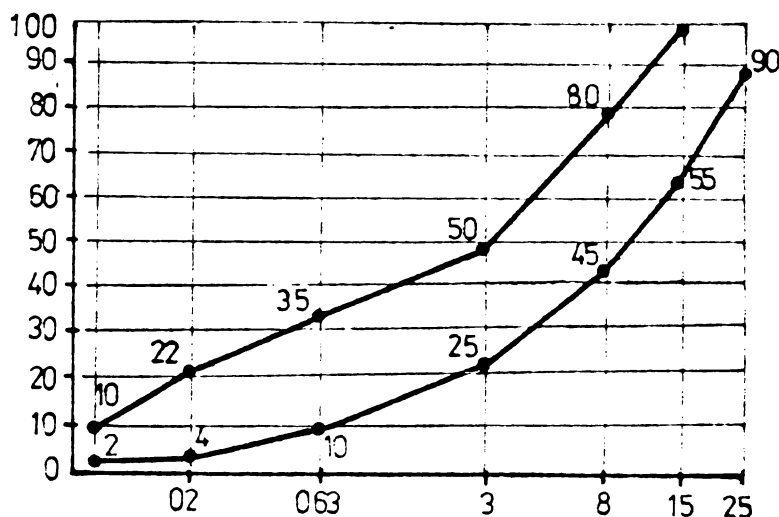
- 20% Mixtura concasată
- 3% Bitum de accos
- 2% Filer
- 13% Agregate concasate 0/7
- 25% Agregate concasate 7/15
- 40% Agregate concasate 15/30

c) CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE

|                      | B%  | S   | F  | T    | Ab  |
|----------------------|-----|-----|----|------|-----|
| LA DOZAJE CALCULATE  | 3,8 | 630 | 45 | 2270 | 4,3 |
| LA MIXTURA REALIZATA | 3,4 | 460 | 43 | 2310 | 4,6 |

FIG.V.12 STRAT DE BAZA

a) CURBA GRANULOMETRICĂ



b) DOZAJE :

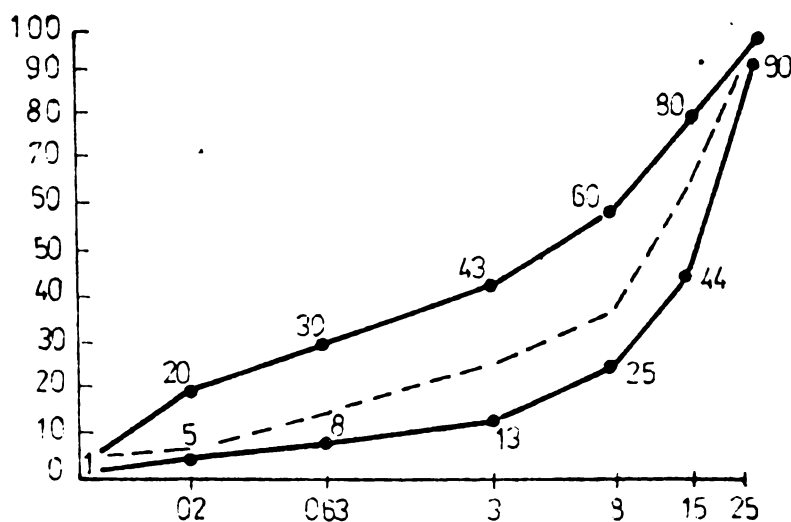
- 20% Mixtură concasată
- 2,6% Bitum de adaus
- 2% Filer
- 18% Agregate concasate 0/7
- 30% Agregate concasate 7/15
- 30% Agregate concasate 15/30

c) CARACTERISTICI FIZICO - MECANICE

|                      | B%  | R <sub>c</sub> | S   | F   | γ    | Ab  |
|----------------------|-----|----------------|-----|-----|------|-----|
| LA DOZAJE CALCULATE  | 3,4 | 26             | 620 | 4,4 | 2250 | 4,4 |
| LA MIXTURA REALIZATA | 3,5 | 25             | 485 | 4,8 | 2310 | 4,7 |

FIG.V.13

AGREGATE LOCALE STABILIZATE CU BITUM



a) CURBA GRANULOMETRICA STABILITA EXPERIMENTAL

b) DOZAJ : 30% mixtura concasată  
70% agregate noi

## CAPITOLUL VI. CONCLUZII FINALE SI PROPUNERI

Analiza critică a principiilor de calcul pentru ranforsarea complexelor rutiere existente cît și cea a tehnologiilor pentru realizarea acestor lucrări prezentate în referat, mi-a permis să evidențiez următoarele principale concluzii și propuneri:

./.

VI. 1. In legătură cu necesitatea ranforsării complexelor rutiere existente se impune :

1. realizarea unor programe de măsurători pentru determinarea capacității portante a rețelei de drumuri publice ;
2. detectarea sectoarelor de drumuri sensibile la fenomenul de îngheț-dezgeț ;
3. limitarea sarcinii pe osie pe rețeaua rutieră a cărei capacitate portantă nu asigură menținerea corespunzătoare a viabilității și conduce la cedarea sistemelor rutiere existente;
4. investigații continue privind traficul actual și de perspectivă în special evoluția traficului greu;
5. urmărirea pe teren și în laborator a fenomenului de oboseală a îmbrăcăminților bituminoase;
6. stabilirea momentului optim de ranforsare și a consecințelor tehnico-economice în cazul depășirii acestuia.

VI.2. In legătură cu modul de investigare și diagnosticare a complexelor rutiere supuse ranforsării se impune:

1. necesitatea diferențierii ranforsării drumurilor de mare circulație de cele cu circulație slabă ;
2. definirea principiilor de bază ale strategiilor de ranforsare (strategia catalogului tip sau strategia ranforsării progresive);
3. principalele metode de investigare și evaluare a capacității portante a complexelor rutiere existente să se bazeze pe :
  - principiul determinării deflexiunilor-principiu de bază majoritar ;
  - alte măsurători de deformații-produsul R.d.
  - examenul profilografic;
  - examenul vizual;
  - analiza materialelor prelevate din complexul rutier;
  - anchete asupra portanței și umidității solului;
  - efecte climatice, hidrogeologice și de trafic;
  - indice de viabilitate al drumului.

VI.3. In legătură cu dimensionarea ranforsării complexelor rutiere existente, rezultă :

1. Existența mai multor criterii de bază (adoptate diferit) și care stau la baza dimensionării straturilor de ranforsare;



- deflexiunea la suprafața îmbrăcăminții ;
- întinderea la baza stratului ;
- produsul R.d ;
- capacitatea portantă a ansamblului complexului rutier ;
- fisurarea și apariția fâgașelor, etc ;

2. Existența pe plan mondial a mai multor metode de calcul a ranforsării complexelor rutiere existente (unele bazate pe aceeași concepție dar cu parametri și elemente de calcul sau de interpretare diferită) ca de exemplu :

- metoda Asphalt Institut ( SUA, AUS)
- metoda LCPC (F)
- metoda AASHO (CH)
- metoda deformației(deflexiunii) (CH)
- metoda sistemului elastic (URSS)
- metoda viscoelastică "VESTRA " (I)
- metoda CBR (GB)
- metoda deflexiunilor admisibile (H,Ko)

VI.4. In legătură cu ranforsarea complexelor rutiere în Republica Socialistă România - se constată :

- metoda de calcul adoptată pentru ranforsarea complexelor rutiere bazată pe criteriul deformației elastice admisibile a dat rezultate corespunzătoare în majoritatea cazurilor;
- modulii de deformație admisibili luați în calcul (valoarea absolută) tind să se modifice în timpul exploatării drumului ;
- metoda bazată pe criteriul deformației elastice măsurată sub încărcarea standard ( cu ajutorul deflectografului Lacroix și a deflectometrului Benkelman) au contribuit în bună măsură la înlăturarea erorilor de supra și subdimensionare;

Aplicarea metodei este valabilă atît timp cît complexul rutier rămîne în domeniul elastic.

- metoda de dimensionare bazată pe criteriul deformației elastice în regim dinamic prezintă avantaje în plus față de primele două menționate (măsoară deformația totală cît și pe cea elastică și remanentă);

- Ținând seama de parametrii și criteriile luate în calcul, de corelarea logică dintre acestea cât și de rezultatele obținute pe plan mondial în aplicarea și realizarea ranforsărilor complexelor rutiere nerigide, se propune pentru experimentare metoda Institutului de Asphalt din S.U.A. descrisă la cap. IV cât și celelalte metode a căror parametri de intrare în calcul nu constituie studii speciale de anvergură.

VI.5. În ce privesc tehnologiile pentru ranforsarea complexelor rutiere existente în condițiile economisirii materialelor energo-intensive, se impune:

- reducerea grosimii straturilor de ranforsare ce consumă bitum și majorarea grosimii straturilor stabilizate mecanic sau <sup>cu</sup> alți lianți;

- folosirea la straturile de ranforsare a complexelor rutiere a materialelor stabilizate cu lianți hidraulici sau de alt tip cum sînt:

- . cimentul
- . zgurile granulate
- . cenuși termocentrală
- . tuful vulcanic
- . zgură și fosfogips

- folosirea cu precădere pentru drumurile cu trafic greu și f.greu a ranforsării complexelor rutiere existente cu beton de ciment a căror avantaje tehnico-economice, în conjunctura actualei crize, sînt evidente ;

- pe unele sectoare de drumuri a căror complexe rutiere vechi au ajuns la limita capacității portante, să se treacă la recuperarea mixturii asfaltice vechi, la reciclarea și completarea acestora și la reașternerea produsului obținut în straturi corespunzătoare pentru ranforsare ;

- urmărirea respectării proceselor tehnologice și a calității materialelor componente ale procesului de realizare a straturilor de ranforsare ;

- urmărirea comportării în exploatare a complexelor rutiere noi ranforsate, în scopul corectării atât a metodelor sau parametrilor de calcul cât și a tehnologiilor de execuție.

VI.6. PRINCIPALELE CONTRIBUTII ORIGINALE PRIVIND  
DIMENSIONAREA RANFORSARILOR COMPLEXELOR  
RUTIERE SI APLICAREA DE TEHNOLOGII NOI  
CU CONSUMURI REDUSE DE ENERGIE

- S-au studiat și realizat sub îndrumare directă sectoare experimentale de ranforsare la scară mare, pe DN 5 București-Giurgiu.

- S-a urmărit sistematic modul de comportare în exploatare a sectoarelor ranforsate și s-au făcut propuneri de introducere în practica curentă a celor mai indicate soluții.

- În paralel am studiat și s-au utilizat o serie de materiale netradiționale pentru ranforsările complexelor rutiere (tuf vulcanic, gudron, mixtură recuperată etc ).

- S-au studiat și se propun spre experimentare noi metode de dimensionare a ranforsărilor complexelor rutiere existente și anume:

- calculul de dimensionare bazat pe modulul de elasticitate al complexului rutier supus ranforsării, ținând seama de deformația de întindere admisibilă la baza stratului îmbrăcăminții bituminoase cu implicarea în calcul a osiei admise de Legea 13/1974 de 100 kN;
- folosirea experimentală la dimensionarea ranforsărilor complexelor rutiere existente a metodei institutului de asfalt SUA;
- utilizarea experimentală a dimensionării ranforsărilor pe baza duratei de exploatare reziduale a complexelor rutiere existente.

- Se propune urmărirea în laborator și obținerea pe cale practică de măsurători privind :

- fenomenul de oboseală a complexelor rutiere;
- detectarea sectoarelor de drum sensibile la fenomenul de îngheț-dezghet;
- diagnosticarea complexului rutier existent pe baza produsului "Rxd";
- folosirea experimentală a formulei PSI

- Am studiat și fundamentat de asemenea catalogul tip de structuri rutiere pentru ranforsarea complexelor rutiere existente ce se propune spre utilizare în practică de proiectare.

La propunerea autorului s-a introdus pentru prima dată în țară practica încercărilor cu trafic greu dirijat a tronsoanelor experimentale în scopul scurtării duratei de exploatare și conclu-

zionării unor rezultate.

-S-au stabilit posibilități de realizare de tronsoane experimentale cu straturi de bază din tuf vulcanic acoperite cu straturi cu grosimi variabile din beton de ciment.

#### VI.7. Oportunitatea lucrării

Lucrarea elaborată aduce o serie de elemente de fundamentare tehnică absolut necesare pentru definirea și realizarea la nivel corespunzător a ranforsărilor astfel :

- precizează strategiile de ranforsare în diversele conjuncturi economice ;
- precizează momentul optim de ranforsare ;
- limitează sarcinile pe osie și volumul traficului greu;
- stabilește criteriile de diagnosticare a stării tehnice a complexului rutier existent;
- furnizează date și metodologii de calcul cât și diverse investigații pe multiple planuri;
- scoate în evidență cele mai indicate metode de calcul cu rezultate ce pot fi comparate ;
- pune în evidență în mod clar rezultatele unor experimentări de ranforsare la scară mare și care au intrat în practica curentă sau sînt în curs de generalizare.

#### VI.8. Valorificare-observații în exploatare

a. Cu privire la metodele de calcul:

- experimentarea metodelor propuse în paralel cu cele utilizate în prezent constituie o acțiune simplă și ușor de realizat pentru unele din metodele prezentate .

b. Cu privire la catalogul tip de structuri de ranforsare:

- este indicat și poate fi folosit în toate cazurile în care se solicită ranforsarea de sisteme rutiere rigide sau nerigide pe baza investigațiilor simple.

c. Cu privire la sectoare experimentale executate:

- este indicată utilizarea în primul rînd a ranforsărilor complexelor rutiere existente cu beton de ciment pentru drumuri cu trafic greu și foarte greu.

- din datele experimentale rezultă că grosimile dalelor din beton de ciment indiferent de capacitatea portantă a complexului rutier existent, nu trebuie să aibă o grosime mai mică de 16 cm.;

- pot fi aplicate cu succes, la ranforsări, straturi intermediare de bază sau de legătură avînd ca lianți gudronul, zgura granulată, tuful vulcanic, cenușa de termocentrală, amestecuri opti-

- pentru straturile de uzură au fost reținute pentru utilizarea curentă betonul de ciment și betonul asfaltic.

d. Cu privire la comportarea în exploatare pot fi reținute următoarele aspecte:

- sub aspectul stării suprafeței îmbrăcăminte, ranforsările cu beton de ciment și a celor cu beton asfaltic pe fundație din straturi granulare stabilizate cu zgură, cenuși sau tuș vulcanic au suprafața cea mai bună. Imbrăcămintea bituminoasă așezată pe fundații din materiale concasate stabilizate mecanic sau împănate cu split bitumat au dat rezultate nefavorabile (denivelări);

- sub aspectul rezistenței complexului rutier realizat se constată apariția de fisuri și crăpături pe tronsoanele din beton de ciment cu grosimi de 15 cm. și denivelări la tronsoanele cu uzură din anrobat bituminos pe fundație din piatră spartă compactată mecanic sau împănată cu split bitumat;

- rezultatele probelor de laborator atestă calitatea cores-punzătoare comparabilă pentru toate tronsoanele experimentate;

- betoanele de rezistență la care o parte din ciment a fost înlocuit cu zgură granulată sau cenușă de termocentrală prezintă caracteristici mecanice ca cele ale betoanelor de rezistență fără adaos;

- mixturile realizate cu gudron reconstituit atestă o rigiditate ridicată care poate duce la degradarea prematură a îmbrăcăminte, precum și variații mari ale caracteristicilor fizico-mecanice datorită inconstanței caracteristicilor gudronului;

- toate celelalte tronsoane realizate se prezintă cores-punzător fără degradări, fisuri sau denivelări.

De menționat că pe tronsoanele experimentale ce au fost ținute sub observație și s-au efectuat măsurători în perioada 1981-1984, s-a realizat un volum de trafic de 2,78 milioane vehicule din care 31% vehicule grele. Față de traficul la care s-a proiectat aceste sectoare s-a realizat până la 31.03.1984, 112% din traficul de calcul pentru sectoarele cu îmbrăcăminți bituminoase, 42% pentru structurile din beton de ciment de 20 cm grosime și 67% din traficul calculat pentru betonul de ciment de 15 cm grosime.

#### VI.9. Eficiența economică a soluțiilor de ranforsare adoptate

Prin aplicarea soluțiilor de ranforsare descrise în lucrare s-a obținut o serie de avantaje tehnico-economice concretizate în obținerea de economii de materiale, de energie și valorice prin :

- reducerea grosimii de ranforsare prin aplicarea straturilor în timp optim;

- reducerea grosimii straturilor ce consumă bitum sau a numărului acestora și înlocuirea lor cu straturi din materiale netradiționale (cenuși, zgure, etc);

- îmbunătățirea calității materialelor locale și folosirea acestora pe cale largă în executarea ranforsărilor,

| Soluția  | Consumuri materiale |                      |                   | Cost<br>mii lei/km<br>(parte căroasă-<br>bilă) |
|--|---------------------|----------------------|-------------------|--|
|  | <u>t.cim.</u><br>km | <u>t.bitum</u><br>km | <u>t.cc</u><br>km |  |
| Beton de<br>ciment de<br>22 cm gro-<br>sime.   | 793                 | 3,0                  | 204               | 1243   |
| Beton de<br>ciment de<br>20 cm gro-<br>sime  | 538                 | 2,8                  | 176               | 1139   |
| Beton de<br>ciment de<br>15 cm gro-<br>sime  | 407                 | 2,8                  | 168               | 1139   |
| Beton as-<br>faltic pe<br>strat de<br>legătură<br>și de buză<br>(11 cm.gro-<br>sime) | 195                 | 132,1                | 466               | 1147   |
| Anrobat 8 cm<br>pe balast<br>stabilizat<br>cu zgură                                  | -                   | 67                   | 256               | 944  |
| Beton asfal-<br>tic clutat pe<br>strat de legă-<br>tură<br>(8 cm grosime)            | -                   | 86,6                 | 195               | 438  |

Din cele de mai sus rezultă că în general consumurile energetice cele mai ridicate sînt la îmbracăminți bituminoase deși costul acestora este mai redus, fapt pentru care s-a propus (pentru traficul greu) soluțiile cu beton de ciment urmînd ca pentru traficul mediu și ușor să se adopte grosimile de max.8 cm pentru îmbrăcăminte bituminoasă care din punct de vedere energetic sînt echivalente cu betonul de ciment dar cu un cost mult mai redus.

În final prin adoptarea soluțiilor prezentate în catalogul de structuri tip de ranforsare pot fi calculate de la caz la caz economiile energetice și valorice ale diverselor variante comparative ce se adoptă.

## BIBLIOGRAFIE

1. Ahlborn ; Gale Elastic Layerede System With Normal Loads  
Berkeley-California 1972
2. Aitken, D.H., Concluziile celui de al XII-lea  
Congres Mondial al drumurilor  
Sydney-Australia  
8-15 octombrie 1983
3. Alder, Henry, L and Edward B.Roessler Introduction to Probability and  
statistics  
Third Edition, W.H.Freeman  
and Company, San Francisco 1964
4. Apestin, V.K.; Vasiliev , A.P.;Dudakov, A.I.  
Renforcement des chaussées revêtues  
Vienne 1979
5. Aubert, M.M., Guide Technique pour l'exécution des  
renforcements des chaussées sur les  
itinéraires en site difficile  
Metz 1978
6. Aussedat,G. and Azibert - Le mécanisme de l'ornièrage des  
couches de forme  
Revue Générale des Routes et  
Aérodromes - Mai 1974
7. Austin Research Engeneers - Asphalt Concrete Overlays of  
Flexib. Pavements - vol.1.1975
8. Australian Asphalt  
Pavement Association Ltd - Interim Guide for Structural  
Design of Asphalt Pavements-1973
9. Autret,P. -Auscultation des chaussées dans le  
cadre des études d'entretien et de  
renforcement - Paris 1977.
10. Autret,P -Utilisation du produit " R.d."  
(rayon de courbure - deflexion)pour  
l'auscultation des chaussées á couche  
de base traitée.  
Bulletin de Liaison des  
Laboratoires des Ponts et  
Chaussées nr.42/1969
11. Bădescu, D, Dorobanțu, D. - Teoria plăcilor circulare încas-  
trate pe contur aplicate la consolida-  
rea sistemelor rutiere.  
A V-a Consfătuire pe țară a  
lucrătorilor din sectorul de  
drumuri și poduri Timișoara-  
decembrie 1978.
12. Bhajandas,A.C.  
Cumberledge, G and  
Hoffman, G.L. -Flexible Pavement.Evolution and  
Rehabilitation.  
Transportation Engineering  
journal of ASCE, Ianuarie  
1979

..//..

13. Bilțiu, A,  
-Contribuții la studierea și realizarea unor tipuri de mixturi asfaltice eficiente pentru îmbrăcăminti bituminoase.  
Teza doctorat 1982 Timișoara
14. Bohn, Ullidtz, Substad and Sorensen  
-Danish Experiments with the French Folling Weight Deflectometer. International conference on the Structural Design of Asphalt Pavements. Proceedings Vol. I. London 1972.
15. Boicu M, Munteanu, V.,  
-Considerații asupra posibilităților de reducere a consumurilor de energie în cadrul transporturilor rutiere privind îmbunătățirea stării drumurilor.  
Conferința CNIT  
Baia Mare 1980
16. Boicu M.  
-Contribuții la introducerea unor metode și tehnologii rutiere în condițiile economisirii materialelor energo-intensive.  
Teză doctorat  
Timișoara 1983
17. Bonitzer-Leger  
-LCPC Studies on pavement design  
Second International
18. Bennot, J.,  
-Les principales tendances de la cinquième conférence internationale sur la dimensionnement des chaussées à revêtements hydrocarbonnés  
Paris, 1983
19. Bennot, J.,  
-Assessing the properties of materials for structural design of pavements  
Third International Conference on the Structural Design  
Asphalt Pavements (1972)
20. Bonnot, S. -Autret, P. and A de Boissoudy  
-Design of Asphalt Overlays for Pavements.
21. Bonnot, J., Autret P, Boissoudy A ;  
-Dimensionnement des Couches bitumineuses utilisées en renforcement de chaussées.  
Ann-Arbor 1977
22. Bourlet, E Hertach E s.a  
-Routes économique à faible circulation.  
Zürich 1977
23. Bourlet Edouard :  
-Dimensionnement et renforcement des routes à faible trafic et à superstructure souple  
Strasse und verkehr 1981



24. Brown, S.F. and Pell, P.S.;  
- A Fundamental Structural Design Procedure for Flexible Pavements (The Third International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, Proceedings Vol. I. London 1972
25. Brown, S.F.  
-State-of-the-Art on Laboratory Testing for Use in the Prediction of Rutting in Asphalt Pavements. Annual Meeting of the Transportation Research Board- Washington, 1976
26. Busch, C-Petersen  
-Light Weight Deflectometer. Meeting on Pavement Deformation Models at the UK Transport and Road Research Laboratory 1976
27. Canadian Good Roads Association  
-Pavement Evolution Studies in Canada First International Conference on the Structural Design of asphalt Pavements Michigan 1972
28. Caniard, By. L.; and Peyronne, C.,  
-The consideration of frost in the design of asphalt pavements
29. Carmichael R.F., Harvey, J. Treyling and Hudson W.R.  
-Pavement Evolution Using Nondestructive Testing Austin-Texas-1975
30. Carneiro, F.B.L.  
-Benkelman Beam-Auxiliary Instrument of the Maintenance Engineer Highway Research Record-1966
31. Claesen, Valkering and Ditmarsh  
-Pavement Evaluation with the Falling Weight Deflectometer New Orleans -1976
32. Claessen N.I.M. and Ditmarsch, R.,  
-Pavement evaluation and Overlay design The Shell Method
33. Corro, S.C.;  
-Flexible Pavements National reports: Mexico XVth World Road Congress Mexico-1975
34. Coquand, R.  
-Cours de routes-Ecole nationale des ponts et chaussées. Edition Eyrolles. Paris 1982
35. Cososchi, B. Vlad, N., ș.a. - Ranforsarea unui sistem rutier cu strat de bază din balast stabilizat cu liant mixt din deșeuri industriale. A VI-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri Tușnad 1982

36. Courteille, J., - Metodă de dimensionare a ranforsării drumurilor în țările tropicale. Paris 1981
37. Croney, D., - Failure Criteria for flexible Pavement The Third International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements London 1972
38. Cumberledge, G. et. al - Moisture Variation in Highway subgrades and the Associated change in surface Deflections. Transportation Research Record 1974
39. Dehlen, G.L. - A simple Instrument for Measuring the Curvature Induced in a Road Surfacing by a Wheel Load The Civil Engineer in South Africa - vol.4
40. Dehlen, G.L. - Flexure of a Road Surfacing, its Relation to Fatigue Cracking, and Factors Determining its Severity Bull. 321. 1962
41. Dehlen, G.L.; - The Effect of Nonlinear Material Response on The Behavior of Pavements subjected to traffic Loads" dissertation, University, of California 1969.
42. Diggle, P. van - Vergelijkend onderzoek van steen fenderingen von steen funderingen van hoogovenslakken lava en gebrande mijnsteen. Arnhem-The Netherlands 1974
43. Doan Tu Ho - Contribution à l'étude du comportement à la fatigue des enrobés bitumineux. Paris 1970
44. Doan Tu Ho - Les études de fatigue des enrobés bitumineux au LCPC Bullertin de Liaison des Laboratoires de Ponts et Cheussées nr. 84/1976
45. Dorobanțu S., Jercan S. - Studii și experimentări privind gudronul rutier. Referat de cercetare - IC București 1981
46. Dorobanțu S.,
47. Edwards J.M. and Volkering C.P. - Structural Design Asphalt Pavements for Road Vehicles - The influence of High Temperatures - 1974

48. Fauveau Siffert - Pavement overlaying in France  
Conference on the structural  
Design of Asphalt Pavements
49. Fauveau ,B - L'etat du réseau routier et les  
Conditions techniques de son ren-  
forcement  
Paris 1970
50. Federal Highway  
Administration Report  
iunie 1974 - Pavement Rehabilitation: Proceedings  
of a Workshop - SUA
51. Finn et al., -Applications of Theory in the Design  
of Asphalt Pavements  
Conf. on the Structural Design  
of Asphalt Pavements, London  
1972
52. Fodor G., Teodorescu Dorina, -Metodă de verificare a rezisten-  
Pădure Fl., și alții tei la oboseală a straturilor rutiere  
din mixtură bituminoasă, în vederea  
îmbunătățirii comportării în exploa-  
tare a sistemelor rutiere nerigide  
A V-a Consfătuire pe țară a  
lucrătorilor din sectorul de  
drumuri și poduri  
Timișoara-decembrie 1978.
53. Ford, M.C. and -Flexible Pavement Performance  
Bisselt, J.R. Studies in Arakansas  
Bul.321 Arakansas 1962
54. Fossberg, P.E. -Load-deformation Characteristics of  
Thres Layer Pavements Containing  
Camentstabilized Base ".  
Ph.D.dissertation, University  
California - 1970
55. Fourth International Conference Structural  
Design of Asphalt Pavements  
Ann arbor-Michigan  
SUA-1977
56. Franken L. -Fatigue Performance of a Bituminous  
Rood Mix under Test Canditions  
Annual Meetinf of the Transporta-  
tion Rescarch Board. Session 45  
Washington-1979
57. Fremond M., -Mathématiques et problemes routiers  
Paris 1976
58. Guérin G, Conan I., -Les nouvelles techniques de renforce-  
ment des chaussées  
Paris 1983
59. Guillemin-  
Gramsammer -Dynamic non-destructive testing of  
pavementes in France  
- Third International Conference  
on the Structural Design of  
Asphalt Pavements (1972)

60. Harvey I. Treylig  
Mc Cullough, BF;  
Fred N. Finn  
Richard Mc. Comb.  
and Ronald Hudson  
-Design of asphalt concrete overlays  
using layer theory
61. Heukelom W. and  
Klamp, AJG  
-Road Design and Dynamic Loading"  
Proc. of Association of Asphalt  
Paving Technologists-Vol. 33-1964
62. Highway Research Board  
-Evaluation of AASHO Interim  
Guides for Design of  
Pavements Structures  
Raport 128-1972
63. Hirt, R.  
-Dimensionierung und Verstärkung von  
schwach beanspruchten Strassen,  
Schweizerische Zeitschrift für Forst-  
wesen.  
. Nr. 3 martie 1972
64. Hopkins III, I.G.  
-Pavement Ranghness and Service-  
ability  
1975
65. Iohansen O.,  
-Thermal conductivity of soils  
measurements and méthodes of predic-  
tion. Oslo 1973  
Symposion OCDE
66. Jeuffroy G.  
-Conception et Construction des  
chaussées  
Editions Eyrolles  
Paris 1967
67. Joksic Zdravko  
-Terrassements et Construction de  
chaussées  
Belgrad 1979
68. Jones R, EN Thrower  
and EN Gatfield  
-The surface wave method  
Proc. 2 ud International  
Conference on the Structural  
Design of Asphalt  
Pavements  
University of Michigan  
Ann Artor I. 1967
69. Kiewit Pieter, Koning  
C Pieter, W.E. Hudson, Frank  
R.,  
Carmichael  
-Evolution and overlay design for  
flexible pavements on low volume  
roads.
70. Kirk J.M.  
-Flexible Pavements. National raports:  
Denmark XVth World Road Congress  
Mexico 1975
71. Kirk, S.M.  
-Revideret, metode til dimensionering  
of bituminose befapestelser  
Asfalt nr. 42/73 Danish
72. Kirk, J.M.  
-Vundering of vejbefastelsers baereevne  
Danish 1961

73. Kung, K.Y. - A New Method in Corelation Study of Pavement Deflection and Cracking  
Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements  
Michigan 1967
74. Kuonen, V., - Probleme des fortlichen Strassenbaus  
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Nr. 1 Jan. 1965
75. Leger-Antret - The use of deflection measurements for the structural design and supervision of pavement  
Conference of the structural design of Asphalt Pavements (1972)
76. Leger, Ph and Autret, P. - The Use Deflection Measurements for Structural Design and Supervision of Pavements.  
Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, London
77. Lindow, E.S. - "The Pennsylvania Pavement Research Facility" - vol. 2  
Raport - 1973
78. Lister, N.W. - Deflection Criteria for Flexible pavements and the design of overlays  
Vol. I. University of Michigan  
Ann Arbor 1972
79. Lister, N.W. - The transient and long term performance of pavements in relation to temperature  
Asphalt Pavements, vol. I. 1972  
Ann Arbor - University Michigan
80. Majdzadeh, Kamran - Dynamic Deflection Study for Pavement Condition Investigation  
Ohio - 1974
81. <sup>Mc</sup>Cullough, B.F. - A pavement Overlay Design System considering Wheel Loads, Temperature changes, and Performance  
University of California  
Berkeley 1969
82. Miner, Milton A - Cumulative Damage in Fatigue  
Journal of Applied Mechanics, ASME-1954
83. Miura, Y; Tobe, T. - Evaluation of Existing Pavement Based on Deflection and Radius of Curvature and Overlay Design  
Tokyo 1977
84. Moore, W.M. - Elastic moduli Determination for Simple Two-Layer Pavement Structures Based on surface Deflection.  
Texas-University-1973
85. Munteanu V.; - Considerații asupra traficului luat în calcul la sistemele rutier nerigid.  
Construcții în transporturi  
Vol. XII/1968.

86. Munteanu V. - Cîteva probleme privind eficiența economică la modernizarea drumurilor.  
Construcții în transporturi  
Vol. XVIII/1969
87. Munteanu V. - Routes Economiques à faible circulation rapporteur coordonateur  
XVI-a Congres Mondial  
de la route  
Vienne 1979
88. Munteanu V. - Dezvoltarea drumurilor internaționale pe teritoriul RSR, în cadrul dezvoltării rețelei din Sud-Estul Europei.  
Routes du Monde  
INF mai - iunie 1980
89. Munteanu V. - Teoria și calculul sistemelor rutiere nerigide.  
ASIT-București 1960
90. Munteanu V. - Intreținerea și consolidarea îmbrăcămintilor bituminoase și comportarea în exploatare.  
III-a Conferință de drumuri  
Iași-1973
91. Munteanu V. - Considerații asupra posibilităților de reducere a consumului de energie în cadrul transporturilor rutiere prin îmbunătățirea stării drumurilor.  
Simpozion CNIT  
Baia Mare 1980
92. Munteanu V. - Proiectarea tratamentelor bituminoase.  
Centrul de Perfecționare  
MTTC 1976
93. Munteanu V. - Caracteristicile tehnice și valorice ale lucrărilor de îmbrăcăminti bituminoase ușoare ce se execută pe drumurile publice pietruite.  
Buletin 5/1976  
MTTC
94. Munteanu V. - Dezvoltarea rețelei rutiere în perioada 1976-1980  
Program studiu  
MTTC-1975
95. Munteanu V. - Studiu privind starea tehnică a rețelei de drumuri publice din RSR  
Consiliul drumurilor  
1978
96. Munteanu V. - Studiu privind reducerea energiei în construcția și întreținere drumurilor și cuantificarea eficienței economice a noilor procedee  
Proiect CEPECA  
Academia Ștefan Gheorghiu  
București 1980

97. Munteanu V. - Question V - Routes dans les regions en voie de developpement  
XVII - 8me Congres Mondial de la route - Sydney 1983
98. Munteanu V. - Dezvoltarea rețelei de drumuri din România  
Conferința regională intereuropeană IRF Sofia 1982
99. Nicoară L, Bilțiu A - Imbrăcăminți rutiere moderne  
Editura Tehnică București 1983
100. Nicoară L, Bilțiu A. - Rezultate obținute în executarea îmbrăcăminților bituminoase în Banat  
Construcții în Transporturi Vol.9-10, 1976
101. Nicoară L., Filimon I., - Tehnologii moderne pentru construcția, întreținerea și ranforsarea sistemelor rutiere rigide.  
Conferința a VIII de Betoane Cluj Napoca 1977
102. Nicoară L. - Ranforsarea sistemelor rutiere existente.  
Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara 1975
103. Nicoară L, Munteanu V. și Ionescu N. - Intreținerea și exploatarea drumurilor  
Editura Tehnică 1979
104. Nicoară L., Udvardy L, Brola E. - Previzțiuni privind execuția lucrărilor de ranforsare a complexelor rutiere  
Sistemul FRERAN  
Buletin Rutier nr.3-4/1.77  
MTTC - DD
105. Norman P.J. Snowdon R.A. and Jacobs S.C. - Pavement Deflection. Measurements and their Application to structural Maintenance and Overlay Design  
1979
106. Norman P.I. P.A. Snowdon and S.C. Jacobs - Pavement deflection measurements and their application to structural maintenance and overlay design  
Raport LR-Crawthorne, 1983
107. Normensammlung/collection de normes  
- Vereinigung Schweizerische Strassefachmanner
108. Odermark N - Investigations as to the Elastic Properties of Soils and Design of Pavements according to the theory Elasticity-Stockholm 1949
109. Odier, M.L. - Routes economiques à faible circulation. Rapport général du Comité technique des routes economiques.  
Vienne 1979

110. Parey Ch. et Leger Ph :- Le dimensionnement des chaussées.  
Méthodes des dimensionnement-renforcement.  
Paris 1971
111. Persson Erland - Ranforsarea drumurilor secundare  
Stockholm 1981
112. Philippe A; Aquirre- - La propagation du gel dans les  
Puente J, Bertonille H; chaussées et sa simulation a la sta-  
Fremond M. tion de gel expérimentale de Caen  
Paris. 1973
113. Brandi E The -The Lacroix LCPC Deflectograph  
University of Michigan  
1967 Ann Arbor
114. Reichert J, Romain S.E. -Dimensionnement entretien et renforce-  
ment des chaussées a revetements  
hydrocarboné.  
Le Technigue routiere  
nr.4/1981.
115. Reichert, Veverka , V. -Renforcements des chaussées revetues  
Evolution du reseau existant et  
dimensionnement du renforcement.  
Conference Routière  
Africane 1980 Nairobi
116. Richards B.G. and -Prediction of the Performance of a  
Gordon, G. Flexible Pavement on an Expansive  
Clay Subgrade.  
Conf. on the structural Design  
of asphalt Pavements  
London 1972
117. Romain, J.E. -Rut depth prediction in asphalt  
pavements.  
Third International Conference on  
the Structural Design of Asphalt  
Pavements-London 1972-Vol.I.
118. Roude Jean Claude -Economie d'énergie et renforcements  
des chaussées souples  
Intereuropean Regional Conference  
Sofia 1982
119. Rufford P.G. -A pavement analysis and structural  
design procedure baset on deflection
120. Salt, G.F. -Recent full scole flexible pavement  
design experiments in Britain.  
Proc. 2 ud International  
Conference on the Structural  
Design of Asphalt Pavements  
1967  
University of Michigan  
Ann Arbor
121. Saraf C.L. Smith -Rut depth prediction subsystem Anual  
W.S. and Finn, F.N. Meeting of the Transportation  
Research Board  
Wasghington-1976



122. Sauterey - Rapport du XV-ème Congrès Mondial de la Route-Mexico 1975.
123. Sauterey R și Autret P. - Guide d'auscultation des chaussées souples.  
Paris, Edition Eyrolles, 1977
124. Schwarzinger A. - Refacerea economică a drumurilor R.F.G. 1981
125. Scrivner F.H. and Moore W.M. - An Electro Mechanical System for measuring the Dynamic Deflection of a Road Surface Caused by an Oscillating Load.  
Texas Transportation Institute-1964
126. Seed, Mytry, Monismith and Chan; - Prediction of Pavement Deflections from Laboratory repeated Load Tests.  
Raport TE-65-6  
University of California Berkeley 1965
127. Simonsen, P., Sorensen, A. - Et fuldskala forsag på en asfaltvej i laboratoriet dissertation, The Technical University of Denmark-1976.
128. Smith, H.R. - A deflection Survey Technique for Pavement. Evolution in developing Countries-1973.
129. Solimen S - Influence des paramètres de formulation sur le comportement à la fatigue d'un enrobé bitumineux  
Paris 1973
130. Swift, Gilbert; - An Empirical Equation for Calculating Deflections on the Surface of Layer Elastic System
131. Swift, Gilbert ; - Dynaflect -A New Highway Deflection Measuring Instrument  
48 th Annual Tennessee Highway Conference  
University of Tennessee 1966
133. Treybig, Harvey J, Frank MC Cullough et.a - Asphalt Concrete Overlays of Flexible Pavements. Vol.1  
Austin-Texas 1975
134. Turcu M. și Nicolau M. - Parametrii de calcul și metode de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide. Studiu de sinteză.  
București 1968
135. Ullidtz, P., - En studio of to dybdeasfaltbeføstelser.  
Ph.D-dissertation, The Technical University of Denmark-1973

136. Ullidtz P.,  
-Some Simple Methods of Determining the Critical Strains in Road Structures  
Dr. Techn dissertation. The Technical University of Danmark, 1974.
137. Ullidtz P.  
-Overlay and stage by stage design
138. Valkering C.P.  
-Pavements Evaluation by Measuring Deflection and Shape of Deflection Bowe.  
University of Michigan, 1972
139. Van de Loo-P.J.  
-A practical approach to the prediction of rutting in asphalt pavements. The Shell Method.  
Washington-1973
140. Van de Loo, P.J.  
-Creep Testing a Simple Tool to judge Asphalt Mix Stability  
Proceedings of the AAPT  
Vol. 43, 1974
141. Van der Poel  
-A general System Describing the Visco-Elastic Properties of Bitumens and its Relation to Routine Test Data  
Bitumen Reprint Nr. 9 Shell
142. Van der Vring;  
I.I. Brauwiers I.A.C.  
-Dimensionnement des chaussées bitumineuses  
Vienne 1979
143. Vaswani, N.K.  
-Method for separately Evaluating Structural Performance of Subgrades and Overlaying Flexible Pavements  
Highway Research Board. Record Nr. 362/1971
144. Verhée F, Cibray S.C.  
Cochet P. et. a  
-Renforcement des enrobés à hautes performances d'une voie à très fort trafic
145. Verstraeten, J  
Ververka V.  
-Progres recents en matière de dimensionnement des chaussées à revêtement hydrocarboné  
XIV Congrès belge de la Route  
Namur 1977
146. Verstraeten, J,  
-Charges et fatigues des revêtements hydrocarbonés.  
La Technique Routière  
Bruselles 1967
147. Verstraeten, J.,  
-Loi de fatigue en flexion répétée des mélanges bitumineux  
Bulletin de Liaison 70/1974
148. Ververka, V,  
-Evaluation d'une chaussée à revêtement hydrocarboné - 1981
149. Wingate, P.J.F. and  
CH Peters  
-The CHART System of assessing structure maintenance needs of highways  
Report Crawthorne 1975

150. Yoder, E.J. -Principles of Pavement design  
New York -1959
151. Yoder, R.J, Witczak, M.W. -Principles of pavement design  
Second edition
152. Zarojan, H,  
-Preocupări pentru determinarea unor  
indici de grosime în cadrul diverselor  
metode de dimensionare a sistemelor  
rutiere nerigide.  
Construcții Transporturi  
Vol. XX-XXIV (1970-1971)
153. x x x - Essais AASHO-Buletin de liaison des  
Laboratoires routiers special D  
mai 1966
154. x x x -Second international conference on  
the structural design of asphalt  
pavements proceedings.  
Conférence d'Ann Arbor  
Michigan SUA-1967
155. x x x -The AASHO Road Test. Report 5, Pavement  
Research.  
Highway Research Board 1962
156. x x x -AASHTO Interim Guide for Design of  
Pavement Structures  
American Association  
of State Highway and  
Transportation Officials-  
1972
157. x x x -Conference sur les renforcement des  
chaussées.  
Revue générale des routes  
et des aérodromes -nr.466/  
1971
158. x x x - Thickness Design-Full Depth  
Asphalt Pavement Structures for  
Highways and Streets. The Asphalt  
Institute Manual. Series nr.11-1970.
159. x x x - The AASHTO Guide for Thickness  
Design of Road Pavements, 1974.
160. x x x - Highway Research Board, The AASHO  
Road Test, Special Reports 61 A-61  
1961-1962.
161. x x x - Rapport d'activité 1980/1981  
Centre de Recherches  
Routieres Bruxelles-Belgia
162. x x x - Etudes et recherches sur la technique  
routière et sur l'économie des infra-  
structures.  
IUU - Gemva 1977
163. x x x -Renforcement des chaussées In :  
Buletin de Liaison-Paris 19671  
./.

164. x x x - Renforcement de chaussées  
Raport OCDE-Paris 1976
165. x x x - Dimensionnement des renforcements de  
chaussées souples  
Guide Technique
166. x x x - Rapport du Comité technique des  
routes souples.  
AIPCK-Vienne 1979
167. x x x - Rapport du comité technique des  
routes économiques AIPCK - Vienne  
1979
168. x x x - Catalogue des structures types de  
chaussées.  
D.R.C.k.Paris 1977
169. x x x - I.R.F. Intereuropean Regional  
Conference  
Sofia 1982
170. x x x - I.R.F. IX - th World Meeting  
Stockholm-1981
171. x x x - XVI -ème. Congres mondial de la  
route - Vienne 1979
172. x x x - Colectia " Révue generale des routes  
et des aerodromes 1978-1982.
173. x x x - Colectia " Bulletin de liaison des  
laboratoires des ponts et chaussées"  
1978-1983
174. ICPTTc - Tehnologie de ranforsare cu îmbrucă-  
minte din beton de ciment a sisteme-  
lor rutiere rigide și nerigide-  
București, nov.1983.
175. ICPTT - Utilizarea în sectorul de drumuri a  
smolei rezultate de la distilarea  
cărbonului la combinatele siderurgice  
sub forma gudronului rutier-București  
decembrie 1983.
176. x x x - Instrucțiuni tehnice departamentale  
P.D.1977-79 pentru dimensionarea  
sistemelor rutiere rigide și nerigide.  
Buletinul construcțiilor 8/1977.
177. x x x - Instrucțiuni tehnice departamentale  
CD 31-77 pentru determinarea deforma-  
bilității drumurilor cu ajutorul  
deflectometrului cu pîrghie.
178. x x x - STAS 1339-68. Lucrări de drumuri -  
Dimensionarea sistemelor rutiere.  
Principii fundamentale.
179. x x x - Raport. Starea tehnică a rețelei de  
drumuri publice din RSK-București  
1982.
180. x x x - Colectia de standarde pentru drumuri.

T A B E L

cu prescurtările menționate în text

| Nr. crt. | Textul prescurtat | Textul integral  |
|----------|-------------------|--|
| 1.       | AASHO             | American Association of State Highway Officials                                  |
| 2.       | ASTM              | American Society for Testing and Materials                                       |
| 3.       | AASTHO            | Asociația Americană pentru Autostrăzi și Transporturi                            |
| 4.       | OCDE              | Organisation de Coopération et de Développement économiques.                     |
| 5.       | CEBTP             | Centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics |
| 6.       | PSI               | Present Service ability Index  |
| 7.       | WASHO             | Western Association of State Highway Officials                                   |
| 8.       | LOPC              | Laboratoire Central des Ponts et Chaussées                                       |
| 9.       | USCS              | Clasificarea solurilor pe baza încercărilor CBK                                  |
| 10.      | CBK               | California Bearing Ratio   |
| 11.      | TRRL              | Transportation and Road Research Laboratory                                      |
| 12.      | IRF               | International Roads Federation   |

-----