

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA" TIMISOARA

FACULTATEA DE CONSTRUCTII

TEZA DE DOCTORAT

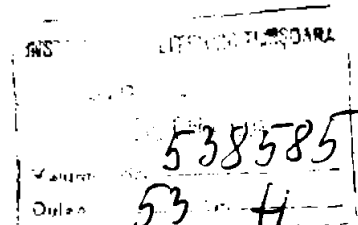
STUDIUL STRUCTURILOR RUTIERE EXISTENTE ÎN VEDEREA
ADAPTĂRII LOR LA CONDIȚIILE DE CONSTRUCȚIE ȘI
ÎNTREȚINERE A DRUMURILOR DIN IRAN

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Conducător științific :

prof. dr.ing. **LAURENȚIU NICOARA**

ing. **M. SAIED MONAJEM**



P R E F A T Ă

Un domeniu important al activității economico-sociale îl reprezintă transporturile, deoarece prin intermediul acestora se efectuează deplasările în spațiu ale bunurilor și oamenilor, în scopul satisfacerii necesităților materiale și spirituale ale societății umane.

Mișcarea omului care reprezintă între 32 și 45 la sută din activitatea umană se efectuează în măsură prin intermediul activității de transport rutier. Aceasta din urmă este o îndelungată foarte veche impusă de rezolvarea diferitelor necesități social-economice. Astfel, în vederea transportului produselor grele se foloseau, cu aproximativ 6 000 ani î.e.n., găni formate din tălpi cu legături între ei, trase de oameni. În anul 1 000 î.e.n., pe continentul asiatic se utiliza pentru efectuarea transporturilor târșitoarea.

Aceste concretizări caracterizează în mare măsură o primă etapă în evoluția milenară a transportului rutier, bazată în exclusivitate pe eforturile fizice ale omului și animalelor - pe cele de grele, pe stil de lipsite de mijloace evoluate. În aproximativ anul 3 500 î.e.n. a fost cunoscută roata sub forma unui disc din trunchi de arbore. Pe continentul european roata cea mai veche a fost descoperită în 1 400 î.e.n. la Merwago în Italia.

Astfel, între anii 2 000 și 1 500 î.e.n. în Persia se foloseau căruțe și căruțe de diferite forme. Cu circa 1 000 de ani î.e.n. începe să fie folosită căruța cu patru roți, iar cu 550 ani î.e.n. regele Cyrus al II-lea cel Mare (559 î.e.n.) dispunea de un serviciu de curieri poștali organizați pe anumite relee. Secele au avut o mare dezvoltare la romeni. Acestea au culminat cu age-nunitele "Cursus publicus" din perioada împăratului August.

Cu aproximativ 60 ani î.e.n. în China se folosea roaba, care pentru asigurarea transportului era echipată cu o pînză (volă). Anul 1399 marchează prima atestare documentară a olăcărilor (carieri domnești) care se deplasau cu căruțioare cu o singură persoană, trase de cai (olace). Cîteva decenii mai târziu (1 464) în Franța se folosea pentru prima dată diligența. În anul 1 770 inginerul francez Nicolas Joseph Cugnot a construit primul autovehicul cu motor cu abur. În ultimele trei decenii ale secolului al XVIII-lea și în cea decăzută în secolul al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea procesul de diversificare a motoarelor și mijloacelor de transport se realizează într-un ritm fără precedent. Astfel, în anul 1 801 inginerul francez Philippe Lebon obține brevetul pentru un motor care utilizează drept agent termic gazele de ardere a combustibilului. În anul 1 855 a fost inventat motorul cu ardere internă. Douăzeci de ani după aceasta (1 875) Siegfried Marcus a inventat un vehicul cu motor în patru roți la care a folosit pentru prima dată benzină. Un an mai târziu A.H. Otto a inventat motorul cu benzină și cu supape laterale.

după intrarea în exploatarea a motorului cu ardere internă cu aprindere prin scintile, începând cu prima parte a secolului al XX-lea și în mod deosebit după anul 1945, descoperirile tehnice în domeniul construcției de automobile au atins proporții inimaginabile, marcând cea de-a patra etapă în evoluția transportului rutier de ultimă dezvoltare, diversificare și modernizare a ramurii construcțiilor de mașini. Astfel, încă din anul 1928 Max Valier a făcut primele încercări de propulsie a vehiculelor folosind motoare cu reacție. În anul 1950 în Anglia și în alte țări au început cercetările legate de adoptarea turbinei cu gaze la automobile.

În prezent numărul, tipurile și nivelul tehnic al mijloacelor de transport rutier au atins ritmuri și proporții fără precedent. Împreună cu spectaculoasa dezvoltare a industriei de automobile s-a dezvoltat și modernizat rețeaua rutieră.

Rolul deosebit al drumurilor în desfășurarea transporturilor auto se manifestă atât în diversificarea rețelei care permite efectuarea transporturilor între punctele de încărcare și descărcare, cât și prin efectele stării drumurilor asupra autovehiculelor. Acest ultim aspect influențează nemijlocit eficiența transporturilor auto. În cazul circulației pe un drum modernizat se obțin economii la carburanți și piese de schimb și reducerea cheltuielilor pentru întreținere și reparații. Drumurile modernizate oferă condiții pentru deplasarea autovehiculelor cu viteze economice, pentru folosirea autovehiculelor de mare capacitate, pentru dezvoltarea turismului intern și internațional etc.

Din punct de vedere tehnic și economic drumul este cu atât mai bun, cu cât reclamă o forță de tracțiune mai mică la deplasarea mijloacelor de transport, permite o circulație cu viteză cât mai mare, prezintă un grad de uzură minim și o siguranță în circulația maximă.

În contextul acestor preocupări, teza de doctorat prezintă principalele rezultate obținute de autor în urma studiilor efectuate în direcția introducerii unor metode de calcul pentru construcția și întreținerea drumurilor utilizate în mod frecvent în tehnica rutieră pe plan mondial, în Iran.

Lucrarea cuprinde 7 capitole și anume:

- aspecte privind situația actuală a căilor de comunicație terestre în Iran;
- studiul comportării materialelor rutiere;
- metode de dimensionare a sistemelor rutiere;
- ranforsarea complexelor rutiere existente;
- utilizarea amestecurilor speciale în tehnica rutieră;
- întreținerea și exploatarea drumurilor;
- organizarea laboratoarelor de drumuri.

Automul își exprimă profundă sa recunoștință conducătorului științific, prof.dr.ing. LAURENȚIU NICOLAȘ pentru competența și exigența cu care i-a călăuzit întreaga activitate de studii și cercetări efectuate în vederea elaborării tezei de doctorat, pentru dragostea și pasiunea ce i-a însoțit-o față de drumuri, pentru formarea profesională și științifică.

De asemenea, mulțumește pentru sprijinul acordat la elaborarea lucrării colegilor din colectivul de drumuri al Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții, precum și Direcției Drumuri și Poduri Timișoara.

Prezintă calde mulțumiri Ministerului Învățământului din R.S.România și doresc ca în meseria de drumar pe care o voi avea, să rămân un bun prieten al necorului român.

C U P R I I S

Cap. I. <u>ASPECTE PRIVIND SITUAȚIA ACTUALĂ A CĂILOR DE</u> <u>COMUNICATIE TERESTRE ÎN IRAN.....</u>	1
1.1. Prezentarea geografică și economică a Iranului.....	1
1.1.1. Populația și rețeaua de orașe.....	2
1.1.2. Economia	3
1.2. Situația căilor de comunicație terestre.....	3
1.3. Concluzii.....	5
Cap. II. <u>SPULIUL COMPORTĂRII MATERIALELOR RUTIERE</u>	
2.1. Solicitățile la care sînt supuse structurile rutiere.....	7
2.1.1. Trafic.....	7
2.1.2. Variația de temperatură.....	10
2.2. Comportarea materialelor rutiere la solicitările din trafic și variațiile de temperatură.....	11
2.2.1. În stadiul elastic.....	11
2.2.2. În stadiul visco-elastic.....	11
2.2.3. În stadiul plastic.....	13
2.3. Analiza proprietăților biturilor.....	15
2.3.1. Bitumul pentru drumuri.....	15
2.3.2. Proprietățile biturilor.....	16
2.4. Stadiul cercetărilor privind comportarea reole- gică a biturilor și posibilități de adaptare la condițiile din Iran.....	19
2.4.1. Stările structurale ale biturilor ca ele- ment de caracterizare a comportării.....	19
2.4.2. Elemente de caracterizare a comportării reo- logice a biturilor.....	20
2.4.3. Încercări de laborator asupra bitului.....	22
2.4.4. Interpretarea rezultatelor încercărilor de laborator.....	29
2.5. Concluzii și propuneri.....	35
Cap. III. <u>METODE DE DIMENSIONARE A SISTEMELOR RUTIERE</u>	
3.1. Metode de dimensionare a sistemelor rutiere pe- rivate.....	36
3.1.1. Metoda de calcul californian de portanță (CBR).....	36
3.1.2. Metode de dimensionare rezultate din încere- cările AASHTO.....	39
3.1.3. Metoda Avenem.....	45
3.1.4. Metoda Jenfiroy-Bachelez.....	46
3.1.5. Metode bazate pe criteriul deformației admi- sibile în funcție de condițiile de trafic.....	48

C U P R I L S

Cap. I. <u>ASPECTE PRIVIND SITUAȚIA ACTUALĂ A CĂILOR DE</u> <u>COMUNICAȚIE TERESTRE ÎN IRAK</u>	1
1.1. Prezentarea geografică și economică a Iranului.....	1
1.1.1. Populația și rețeaua de orașe.....	2
1.1.2. Economia	3
1.2. Situația căilor de comunicație terestre.....	3
1.3. Concluzii.....	5
Cap. II. <u>STUDIUL COMPORTĂRII MATERIALELOR RUTIERE</u>	
2.1. Solicitățile la care sînt supuse structurile rutiere.....	7
2.1.1. Trafic.....	7
2.1.2. Variația de temperatură.....	10
2.2. Comportarea materialelor rutiere la solicitările din trafic și variațiile de temperatură.....	11
2.2.1. În stadiul elastic.....	11
2.2.2. În stadiul visco-elastic.....	11
2.2.3. În stadiul plastic.....	13
2.3. Analiza proprietăților bitumurilor.....	15
2.3.1. Bitumul pentru drumuri.....	15
2.3.2. Proprietățile bitumurilor.....	16
2.4. Stadiul cercetărilor privind comportarea reolo- gică a bitumurilor și posibilități de adaptare la condițiile din Irak.....	19
2.4.1. Stările structurale ale bitumurilor ca ele- ment de caracterizare a comportării.....	19
2.4.2. Elemente de caracterizare a comportării reolo- gice a bitumurilor.....	20
2.4.3. Încercări de laborator asupra bitumului.....	22
2.4.4. Interpretarea rezultatelor încercărilor de laborator.....	29
2.5. Concluzii și propuneri.....	32
Cap. III. <u>METODE DE DIMENSIONARE A SISTEMELOR RUTIERE</u>	
3.1. Metodă de dimensionare a sistemelor rutiere ne- rivide.....	36
3.1.1. Metoda ipotecii californian de portanță (CBR).....	36
3.1.2. Metoda de dimensionare rezultată din încer- cările AASHTO.....	39
3.1.3. Metoda AASHTO.....	45
3.1.4. Metoda Jenffroy-Bachalez.....	46
3.1.5. Metoda bazată pe criteriul defecției admi- sibile a înbrăcăntei sub acțiunea traficulu- lui.....	48

3.1.6. Metoda Kansas.....	51
3.1.7. Catalog de structuri tip pentru drumuri publice.....	52
3.2. Metode de dimensionare a sistemelor rutiere rigide.....	54
3.2.1. Calculul solicitărilor plăcii sub încălzi- rile utile.....	56
3.2.2. Calculul solicitărilor plăcii la variații de temperatură.....	60
3.2.3. Dimensionarea dalelor la solicitări compi- fite prin metoda pozițiilor admisibile.....	61
3.2.4. Calculul stratului de fundație din beton.....	62
3.2.5. Verificarea grosimii dalelor, după metode experimentale A.A.S.H.O.....	63
3.3. Tendințe noi în proiectarea sistemelor rutiere.....	65
3.3.1. Tendințe nouă în Marea Britanie.....	65
3.3.2. Tendințe noi în China (Tonyji-University).....	68
3.3.3. Tendințe nouă în U.S.A (metoda A.A.S.H.O).....	71
3.4. Concluzii și propuneri.....	75
cap. IV. <u>REFORȚAREA COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE</u>	
4.1. Metoda folosită în Franța.....	82
4.2. Metoda folosită în Elveția (A.A.S.H.O).....	83
4.3. Metoda folosită în Olanda (SCHELL).....	86
4.4. Metoda bazată pe durata de exploatare (S.U.A).....	88
4.5. Metoda bazată pe criteriul deformației elas- tice admisibile.....	90
4.5.1. Metoda bazată pe măsurarea deflexiunilor cu reflectometrul Benkelman.....	90
4.5.2. Metoda de calcul bazată pe măsurătorile efectuate cu defleograful Lacroix.....	92
4.6. Metoda de dimensionare bazată pe criteriul de- formațiilor elastice măsurate în regim dinamic cu pirghia Benkelman tip Scitcast.....	92
4.7. Metoda Institutului de Asfalt (SUA-A.A.S.H.T.O).....	93
4.8. Reforțarea complexelor rutiere existente cu îmbrăcămintă din beton de ciment.....	95
4.8.1. Dimensionarea reforțării cu beton de ci- ment a sistemelor rutiere nerigide.....	97
4.8.2. Dimensionarea reforțării cu beton de ciment a sistemelor rutiere rigide.....	99
4.9. Concluzii și propuneri.....	101
cap. IV. <u>UTILIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE ÎN TEHNICA RUTIERĂ</u>	
5.1. Calitatea și compoziția mixturilor asfaltice.....	106
5.2. Mixturi asfaltice speciale.....	111
5.2.1. Mixturi asfaltice cu bitum-sulf.....	112

5.2.2.	Mixturi asfaltice cu bitum-polimeri.....	113
5.2.3.	Mixturi asfaltice colorate.....	114
5.2.4.	Mixturi asfaltice cu bitum-cauciuc.....	115
5.2.5.	Mixturi asfaltice cu granulozitate discon- tinuă.....	115
5.2.6.	Mixturi asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă.....	116
5.2.7.	Mixturi asfaltice executate cu granulit.....	116
5.3.	Posibilități de adaptare a unor mixturi asfaltice la condițiile din Iran.....	117
5.3.1.	Rezistența la deformații a îmbrăcăminților bituminoase.....	118
5.3.2.	Măsurii pentru sporirea rezistenței la deformații a îmbrăcăminților bituminoase.....	119
5.3.3.	Stabilirea capacității portante a îmbră- cămintei bituminoase.....	121
5.3.4.	Incercări de laborator asupra mixturilor asfaltice.....	121
5.3.5.	Interpretarea rezultatelor de laborator.....	134
5.4.	Concluzii și propuneri.....	139
Cap. VI.	<u>INTREȚINEREA ȘI EXPLOATAREA DRUMURILOR</u>	
6.1.	Investigarea drumurilor în vederea determinării calității acestora.....	145
6.2.	Influența stării tehnice a drumului asupra exploatării vehiculelor.....	153
6.3.	Sistemul de gestiune a drumurilor.....	156
6.3.1.	Conceptul unui sistem complet de gestiune a drumurilor.....	157
6.3.2.	Banca de date într-un sistem de gestiune a drumurilor.....	160
6.4.	Concluzii și propuneri.....	164
Cap. VII.	<u>ORGANIZAREA LABORATOARELOR DE DRUMURI DIN IRAN</u>	
7.1.	Importanța cercetării în dezvoltarea tehnicii rutiere.....	167
7.1.1.	Organizarea activității de construcție a drumurilor în Iran.....	168
7.1.2.	Sistematisarea activității rutiere.....	169
7.2.	Organizarea generală a laboratorului central de drumuri (L.C.D.).....	172
7.2.1.	Laboratorul central de drumuri (L.C.D.).....	172
7.2.2.	Laboratoarele regionale.....	175
7.3.	Concluzii și propuneri.....	179
	Bibliografie.....	

CAPITOLUL I

ASPECTE PRIVIND SITUAȚIA ACTUALĂ A CĂILOR DE COMUNICAȚIE TERESTRE ÎN IRAN

Iranul este situat în Asia de Sud-Vest, avînd o dublă față-dă maritimă : la Marea Caspică și apoi la Golful Persic și Marea Oman. Suprafața sa este de 1 648 000 km². În anul 1985, populația Iranului a fost de 47 milioane locuitori [81].

Iranul, este învecinat cu U.R.S.S., Afganistan, Pakistan, Iraq și Turcia. Lungimea totală a granițelor sale este de 7 785 km (fig.1.1).

Capitala țării este Teheran, cel mai mare oraș al țării, avînd 6 milioane locuitori. Teheranul este situat în partea de nord a țării, la cca 100 km sud de Marea Caspică, în regiunea Podișului Iranian, la marginea unei zone nisipoase, aride. Altitudinea zonei oscilează între 1 300 și 1 800 m [5].

1.1. PREZENTAREA GEOGRAFICĂ ȘI ECONOMICĂ A IRANULUI

Teritoriul acestei țări se înscrie în coordonatele fizico-geografice ale peisajului subtropical de păduri, păduri xerofile în regiunea montană, semideșerturi și deșerturi în podișul propriuzis.

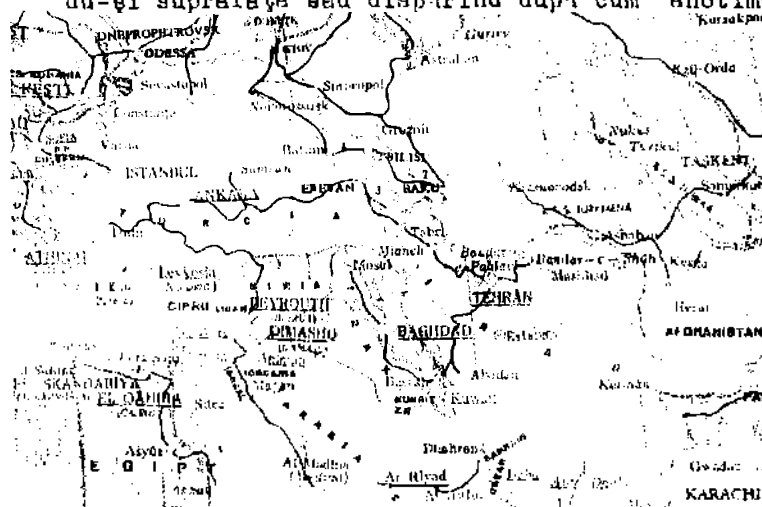
Caracterele peisajului sînt generate de bariera climaterică pe care o prezintă cele două lanțuri de munți, Elburz, în nord și Zagros, în sud, față de masele de aer maritime ce se deplasează spre interior.

Variațiile temperaturii și precipitațiilor în timpul anului sînt foarte mari. În interior, valorile medii ale temperaturii, în luna ianuarie, sînt cuprinse între -5°C și 10°C, iar în luna iulie depășesc 40°C. Verile sînt foarte uscate [12].

În iulie cad sub 25 mm precipitații, fiind cunoscute secete prelungite. Cantități ridicate de ploaie, ce ajung pînă la 2 000 mm anual, se întîlnesc pe versantul nordic al M.Elburz.

În condiții de izolare climaterică, partea centrală a

Iranului, adică podișul propriu-zis, reprezintă o regiune în totalitate endoreică. O serie de ape, cu obârșile în zona montană, nu reușesc să se verse în lacurile sau mlaștinile interioare decât rareori, ele se termină în nisipurile deșerturilor sau în sărături. Lacurile, la rândul lor, au o existență episodică mărindu-și suprafața sau dispărind după cum anotimpul instalat este ploios sau uscat.



Spre Golful Persic și Marea Oman, ca și spre Marea Caspică se îndreaptă o rețea hidrografică mult mai densă, cu debit ceva mai susținut, expresie a acțiunii climatei maritime din aceste părți. Nivelul apelor crește primăvara ca urmare a unei alimentări

bogate din apa ploilor și din cea rezultată în urma topirii zăpezilor. În regiunile muntoase se găsesc și lacuri tectonice, lacuri de baraj, lacuri de retenție etc.

Procentul de împădurire a Iranului este de circa 14 % din suprafața țării. În rest, apar suprafețe ocupate cu vegetație de stepă și deșert [81].

După caracterelor proprii, în cadrul Iranului se disting următoarele tipuri de peisaje :

- peisajul deșertic și semideșertic ;
- peisajul semideșertic de păduri xerofile și de stepă montană ;
- peisajul treptei montane marginale relativ împădurite și a cîmpiilor litorale.

1.1.1. Populația și rețeaua de orașe

În anul 1978, populația Iranului a fost de 40 milioane locuitori. Creșterea rapidă a numărului de locuitori se explică prin sporul natural ridicat. În strînsă corelație cu distribuția spațială a activităților industriale, cu evoluția demografică, cu unitățile geografice, repartitia populației pe teritoriul țării este extrem de neomogenă. Ea se află concentrată în zona orașului Teheran, a-

poi în partea de sud-vest, caracterizată prin industria petrolieră, în partea de vest și nord-vest, în câmpia litorală de la Marea Caspică. Densitatea medie este de 30 locuitori/km²; ea variază însă mult pe plan regional.

Rețeaua urbană cuprinde centre variate în privința factorilor genetici, a perioadei de apariție, de dimensiuni demografice și a funcțiilor. Un loc aparte în cadrul rețelei urbane îl are orașul Teheran [12].

1.1.2. Economia

Pe baza folosirii petrolului, industria a început să se dezvolte în ritm rapid, sporindu-și în același timp gradul de diversificare, prin apariția și extinderea de noi ramuri și subramuri.

Iranul are, în același timp și mari rezerve de gaze naturale

Prin amplasarea de noi întreprinderi în diferite părți ale țării, repartiția spațială a industriei a înregistrat modificări esențiale. În anul 1977, comerțul exterior a reprezentat 30 miliarde dolari. Peste 75 % din exportul de mărfuri are ca destinație țările capitaliste dezvoltate și 24 % țările în curs de dezvoltare [81].

România a participat la construirea unor obiective economice în Iran. Astfel, la Tabriz a fost construită o uzină de tractoare.

1.2. SITUAȚIA CĂILOR DE COMUNICĂȚIE TERESTRE

Se poate considera că pînă în anul 1960 s-a parcurs, în dezvoltarea transporturilor în Iran, o etapă caracterizată prin prezența dominantă a unui singur sistem mecanizat de transport (sistemul de transport rutier), în timp ce pe plan mondial, țările avansate industrial dispuneau de toate sistemele de transport, în forme deosebit de evoluat.

Politica de industrializare a țării dusă consecvent de conducerea regală între anii 1949-1979, nu a determinat dezvoltarea deosebită a transporturilor.

Sistemul de transport are o structură deosebit de complexă. Criteriile principale care definesc structuri specifice în transporturi sînt cele tehnice, teritoriale, tehnologice și administrative.

Coordonarea în cadrul sistemului de transport se realizează prin politica investițiilor, prin politica tarifară și prin

alte măsuri economice. Pentru Iran, în etapa actuală repartizarea sarcinilor de transport nu poate fi rezolvată prin acțiunea liberei concurențe, deoarece soluțiile la care se ajunge contravin intereselor economico-sociale globale ale țării și nu asigură valorificarea optimă a potențialului tehnic existent al fiecărui fel de transport.

În Iran, se dezvoltă neproporțional diferite feluri de transport ceea ce conduce la structuri segmentare ale transporturilor în care fiecare fel de transport își are activitatea sa distinctă. Aceasta are influență negativă asupra ansamblului activității prin creșterea ponderii cheltuielilor de transport în costul producției marfă.

Transportul feroviar nu joacă un rol major în traficul de mărfuri și persoane al țării. Lungimea căilor ferate este de 6 000 km, fiind formată cu precădere din magistrale cu direcția nord-sud și vest-est, asigurând legătura între principalele centre urbane (Teheran, Tabriz, Mașhad, Esfehan, Ahumz și Kerman) [81].

O nouă cale ferată construită este cea care leagă Teheranul de regiunea de sud-est a Iranului. Principala axă feroviară este reprezentată de linia Teheran-Abadun (fig.1.3).

Rolul esențial al căilor ferate constă în transportul unor mărfuri grele și voluminoase din porturi spre interiorul țării, pe distanțe mari.

Transporturile rutiere s-au extins continuu, drumurile având rolul de a asigura legătura cu zonele cu accesibilitate redusă. Față de căile ferate, căile rutiere au cunoscut o largă extindere, susținută de politica statului iranian.

Transporturile rutiere efectuate pe o rețea cu o lungime de peste 60 000 km (din care aproape 20 000 km sînt modernizate), ocupă un loc însemnat în activitatea economică a țării. De asemenea, Iranul dispune de 480 km autostrăzi, prin care se asigură un important trafic de călători și mărfuri în zone apropiată de capitala țării (fig.1.3).

Majoritatea drumurilor pornesc din capitala țării și se ramifică în direcțiile sud și vest. Transporturile rutiere s-au dezvoltat în special după anul 1980.

Prin dezvoltarea producției de automobile și camioane (montaj) a sporit importanța transportului rutier. Mai mult de 75 % din transporturile de mărfuri se efectuează pe drumuri (15 milioane tone anual), utilizându-se peste 700 000 autocamioane (numărul total al autovehiculelor fiind de 2,2 milioane în anul 1980, res-

pectiv un automobil la 17 locuitori), dovedindu-se mai economice în anumite condiții [12].

Capitala țării are peste 6 milioane locuitori și se remarcă prin complexitate funcțională. Structura urbană a orașului este de tip concentrată. Orașul însă nu are o rețea de metrou (din anul 1983 a început construirea a 2 linii de metrou). Străzile în Teheran sînt înguste, cu puține spații pentru parcare a autovehiculelor. Traficul din Teheran este foarte intens. În ciuda faptului că s-au luat unele măsuri în scopul sistematizării circulației, în prezent Teheranul se prezintă ca un oraș supraaglomerat din punct de vedere al traficului rutier.

Pînă nu demult, construcția drumurilor în Iran, a fost efectuată de către companii străine, americane și franceze. În anul 1979 (anul revoluției), avînd în vedere efectele negative ale concesionării construcției de drumuri firmelor străine, statul iranian a luat hotărîrea de a interzice în continuare acest sistem de construcție, sarcina de asigurare a dezvoltării rețelei rutiere revenind Ministerului de Drumuri din Iran.

În Iran, pentru realizarea structurii de rezistență a drumurilor s-au aplicat în exclusivitate sisteme rutiere nerigide, cu îmbrăcămînți bituminoase (fig.1.2). Acest lucru este favorizat

B.A.8	2...4 cm	B.A.12	3...5 cm
B.A. deschis	35...75 cm	anrobat b.	55...10 cm
macadam cilindrat	10...15 cm	macadam cilindrat	11...17 cm
balast după pilingare	65...10 cm	pămînt stabilizat	10...15 cm
pămînt			

de faptul că țara dispune de importante rezerve de țitei și de rafinării pentru distilarea acestuia care asigură continuu necesarul de bitum rutier.

Fig.1.2. Două variante de construcție (sisteme rutiere nerigide) a drumurilor din Iran.

Se menționează faptul că și în partea de sud a țării, caracterizată prin temperaturi medii foarte ridicate (uneori peste

50 °C) se execută numai îmbrăcămînți bituminoase [5].

1.3. CONCLUZII

S-au prezentat succint unele date asupra Iranului în intenția de a scoate în evidență cîteva aspecte pe care le vom utiliza în scopul propunerii unor soluții care să conducă la îmbunătățirea stării drumurilor din Iran.

Cu privire la starea actuală a drumurilor se poate concluziona că rețeaua rutieră a Iranului nu satisface în condiții co-

responsabile necesitățile de transport ale economiei naționale nici din punct de vedere al densității rețelei și al repartiției acesteia în teritoriu, nici în ceea ce privește starea tehnică a drumurilor existente. Acest lucru are efecte negative asupra economiei transporturilor prin generarea unor importante cheltuieli financiare și consumuri suplimentare de combustibil și energie. Se impune deci efectuarea unor studii care să stea la baza sistematizării rețelei de drumuri din Iran și în același timp la elaborarea unor tehnologii eficiente pentru construcția și întreținerea drumurilor, în funcție de condițiile concrete ale țării.

Referitor la condițiile climatice ale Iranului se remarcă o mare diversitate a acestora, de la regiuni cu temperaturi foarte scăzute în nordul țării, la regiuni cu temperaturi foarte ridicate în sud. Aceasta necesită adoptarea unor soluții tehnice care să asigure o bună comportare a complexelor rutiere în condițiile de climă caracteristice zonei în care se desfășoară drumul.

În ceea ce privește materialele rutiere, Iranul dispune de întreaga gamă a acestora, având importante rezerve de agregate naturale, atât de balastieră cât și de carieră, precum și de lianți rutieri (bitumuri, var, ciment). Această disponibilitate de diverse materiale, creează posibilități de aplicare a unei game foarte diverse de tehnologii care se pretează cel mai bine a fi aplicate în condițiile specifice anumitor zone ale țării. Se impune însă necesitatea de a se stabili caracteristicile ce trebuie determinate pentru fiecare material prin încercări de laborator. De asemenea este necesar a se fixa condiții de calitate ale materialelor rutiere în scopul utilizării acestora la realizarea straturilor sistemelor rutiere.

Cu privire la tehnologiile aplicate pînă în prezent se poate afirma că nu au existat preocupări sistematice în adoptarea celor mai bune soluții tehnice, atât în domeniul construcției drumurilor, cât și al întreținerii acestora. De aceea este necesar ca pe viitor să se aibă în vedere necesitatea efectuării de studii și cercetări care, ținînd seama de specificul condițiilor locale și de posibilitățile economiei naționale să stea la baza elaborării unor tehnologii adecvate, în scopul realizării unei rețele rutiere moderne și eficiente. De asemenea este necesar ca, pornind de la rezultatele obținute pe plan mondial în domeniul construcției și întreținerii drumurilor să se adapteze condițiilor din Iran tehnologiile cele mai moderne, de mare productivitate.

CAPITOLUL II

STUDIUL COMPORTĂRII MATERIALELOR RUTIERE

2.1. SOLICITĂRILE LA CARE SÎNT SUPUSE STRUCTURILE RUTIERE

În stadiul actual al cunoștințelor nu se știe cu precizie dacă zonele critice ale unei structuri rutiere unde se amorsează ruperea, apar în partea de jos a îmbrăcămintei, în stratul de bază sau fundație, în axa încălzirii, când se dezvoltă eforturi unitare de forfecare mari[20].

Cu toate că în problema generală a teoriilor de rupere a materialelor s-au făcut numeroase studii teoretice și experimentale, încă nu s-a ajuns la o teorie unitară satisfăcătoare și este aproape sigur că starea critică depinde de structura sistemului rutier.

Solicitările compuse la care sînt supuse sistemele rutiere și dependența comportării reologice a materialelor rutiere de natura solicitării impun examinarea portanței sistemului în paralel la compresiune, forfecare și întindere din încovoiere.

În legătură cu formularea condiției de calcul, interesează pe de o parte capacitatea de deformații, iar pe de altă parte rezistența la rupere, ambele funcție de timp, trafic și temperatură.

Un sistem rutier flexibil sau suplu, bine construit, trebuie să fie apt să reziste eforturilor date de solicitări la nivelul fiecărui strat și să aibă o grosime satisfăcătoare pentru a reduce în mod convenabil presiunile transmise terenului de fundare [21].

2.1.1. Trafic

Factorul determinant în alcătuirea și dimensionarea sistemului rutier este traficul. Traficul rutier însumează totalitatea

vehiculelor care se deplasează în ambele sensuri pe un sector de drum în circulație etc.

Caracterul, intensitatea și componența traficului se stabilesc pe baza recensăminturilor de circulație care se fac periodic în diferite puncte ale rețelei rutiere [21].

Traficul se formează în jurul centrelor populate, de aceea intensitatea traficului nu este uniform repartizată pe întreaga lungime a rețelei. Cele mai solicitate sectoare de drum sînt intrările și ieșirile din orașe, între localități pe măsura îndepărtării de zona urbană, traficul scade.

Prognoza traficului se poate obține folosind relația :

$$N = N_0 (1+n)^t \quad (2.1)$$

unde :

N este intensitatea traficului de prognoză ;

N_0 - intensitatea traficului la ultimul recensămint ;

n - creșterea anuală a numărului de vehicule ;

$t = t_0 + t_1$, în care t_0 este perioada de timp scursă după ultimul recensămint, iar t_1 este durata de exploatare corespunzătoare fiecărui tip de îmbrăcăminte.

Diversele tipuri de vehicule solicită diferit sistemul rutier în funcție de caracteristicile lor tehnice. În consecință, la dimensionarea sistemului rutier, traficul trebuie diferențiat atât după greutatea vehiculelor, cât și după elementele caracteristice ale contactului dintre roată și suprafața de rulare.

În mod obișnuit, vehiculele grele sînt prevăzute la osiile motoare cu roți duble sau gemene. Osilele duble nu dau încărcări mai mari, deși fiecare osie în parte poate fi încărcată cu o sarcină cu 50 % peste cea normală.

Elementele caracteristice ale contactului dintre roată și suprafața de rulare sînt suprafața de contact și presiunea de contact.

Cînd vehiculul staționează, structura rutieră este supusă numai unei încărcări verticale. În timpul mersului, pe lângă presiunile normale, la contactul pneului cu suprafața căii se dezvoltă și forțe orizontale, numite acțiuni tangențiale, care fiind aplicate în planul căii, uzează îmbrăcămîntea sistemului rutier și solicită în special structurile superioare ale acestuia [39].

Durata aplicării încărcărilor are o influență determinantă asupra naturii și mărimii deformațiilor rezultate. O durată de acțiune foarte scurtă produce eforturi unitare mai mari decît cele produse de o sarcină statică egală. Pe de altă parte, comportarea visco-elastică a materialelor folosite face ca între starea de eforturi pe care o creează sarcinile dinamice și dezvoltarea defor-

mațiilor, să apară o întârziere de fază.

Pentru a se putea determina durata solicitării este necesar să se cunoască viteza medie de circulație a vehiculului de calcul [17].

Astfel, pentru viteze medii de circulație, durata ciclului de încărcare-descărcare a unei sarcini mobile ajunge pînă la 0,1 s. Acest regim de încărcare de scurtă durată determină valoarea

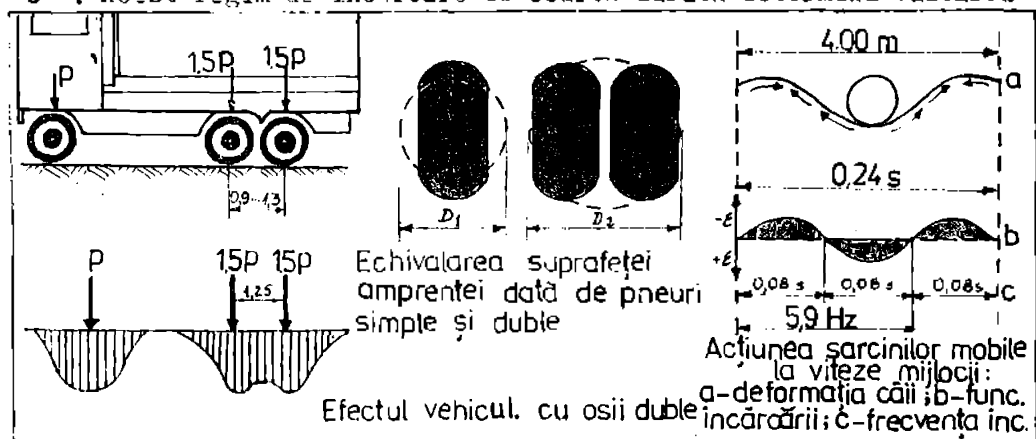


Fig. 2.1. Schema de solicitare a structurii rutiere.

parametrelor care intervin în cadrul fiecărei metode de calcul.

În realitate, influența sarcinii mobile asupra complexului rutier se resimte atât înainte cât și după trecerea roții, eforturile și deformațiile în straturile inferioare ale complexului rutier crescînd treptat de la valoarea zero la valoarea maximă corespunzătoare încălzirii directe și apoi scăzînd din nou treptat la zero, după cum se arată în exemplul din fig.2.1.

Acțiunea dinamică cu caracter oscilant care apare în timpul mișcării autovehiculelor este cauzată de denivelările îmbrăcăminței, de oscilațiile sistemului de suspensie, precum și de deformațiile pneurilor. Masa suspendată a vehiculului nu urmează exact amplitudinea dispozitivului de rulare, trebuind să suporte reacțiunile întârziate provocate de oscilațiile amortizate de suspensia vehiculului.

Rezultatele experimentale arată că în regimul oscilațiilor verticale ale roților, predomină o frecvență de 10...20 Hz (cîteva cicluri pe secundă), apropiată de frecvența proprie a sistemului rutier. În consecință, suprasarcina dinamică poate atinge dublul sarcinii statice și în mod curent 1,5 ori din sarcina statică.

Efectul dinamic se exprimă în general prin coeficientul de

impact cu care se multiplică încărcarea statică pe roată.

Totuși, în metodele de calcul folosite în prezent pentru sistemele rutiere nerigide, se presupune că inerția masivului pe care se exercită încărcările și deformabilitatea acestuia, fac ca la regimul de frecvență de până la 20 Hz să nu apară o majorare dinamică importantă a eforturilor și prin urmare caracterul dinamic al încărcărilor exterioare poate fi neglijat, mai ales când problema sistemelor rutiere nerigide se tratează în ipoteza comportării visco-elastice.

2.1.2. Variația de temperatură

Temperatura ridicată a mediului ambiant pe o durată îndelungată are efecte foarte importante asupra apariției unor defecțiuni ale sistemului rutier, în special a suprafeței de rulare. Defecțiunile ce pot apărea la drumuri cu îmbrăcăminti bituminoase, sînt :

- suprafețe exudate ;
- vâlcuri și refulări.

În timpul căldurilor excesive (vara), îmbrăcămintele bituminoase se înmoaie, devin plastice, ceea ce favorizează formarea amprentelor, a refulărilor și ondulațiilor[27].

Pe de altă parte, nici problemele legate de temperaturile scăzute nu pot fi neglijate. Iarna, la scăderea temperaturii mediului ambiant, îmbrăcămintele bituminoase devin casante și sub încărcări repetate apar unele fisuri pe suprafața de rulare a acestora.

Fenomenul de îngheț pe o durată îndelungată permite desfășurarea procesului de migrare și acumulare a apei în zona înghețului. Aceasta este cauza apariției următoarelor defecțiuni la drumuri cu îmbrăcăminti bituminoase :

- degradări provocate de îngheț-dezghet ;
- fisuri cauzate de îmbătrînirea bitumului ;
- fisuri provenite din contractia fundației.

Variațiile diurne de temperatură nu se propagă instantaneu prin dală, de aceea diferența de temperatură între fețele dalei dă naștere la apariția unor eforturi unitare de încovoiere suplimentare.

În cursul zilelor însorite, la încălzirea feței superioare, dala tinde să se curbeze cu concavitatea în jos, iar în cursul nopții, la scăderea temperaturii feței superioare, dala tinde să se curbeze cu concavitatea în sus[20].

Degradările cauzate de fenomenul îngheț-dezghet la lucrări-

le de drumuri se produc atunci cînd sînt îndeplinite simultan următoarele condiții :

- perioada de îngheț este intensă și de durată ;
- există o rezervă de apă gravitațională sau capilară care poate să alimenteze zona de temperaturi negative;
- nămintul este geliv ;
- trafic greu.

2.2. COMPORTAREA MATERIALELOR RUTIERE LA SOLICITĂRILE DIN TRAFIC ȘI VARIAȚIILE DE TEMPERATURĂ

2.2.1. În stadiul elastic

La materialele elastice care se supun legii lui Hooke, eforturile normale și de forfecare sînt proporționale cu deformațiile corespunzătoare. Proprietățile elastice la compresiune sînt caracterizate prin modulul de elasticitate (E) și prin coeficientul lui Poisson (ν).

Materialele cu elasticitate liniară au modulul de elasticitate constant. Cînd materialul nu are un modul de elasticitate constant, se ia în considerare raportul :

$$E = \frac{d\tilde{\sigma}}{d\tilde{\epsilon}} \quad (2.2)$$

Materialele slab coezive, sau necoezive, cum sînt nisipurile și pietruirile, materialele tratate cu ciment, batoanele pot fi considerate într-un anumit domeniu de variație a eforturilor și deformațiilor, care de obicei nu depășesc jumătate din sarcina de rupere, drept materiale elastice.

Valorile E și ν sînt determinate în general prin încercări de laborator asupra epruvetelor cilindrice supuse la compresiune [13].

2.2.2. În stadiul visco-elastic

Legea lui Hooke, care exprimă legătura dintre eforturi și deformații printr-o relație liniară, ca și relațiile neliniare mai complicate care sînt reprezentate prin curba caracteristică a materialului, exclud din legea deformării o variabilă independentă importantă și anume timpul. Pentru majoritatea materialelor, mărimea deformațiilor sub sarcină constantă, nu este însă constantă în timp (fig.2.2), iar la o creștere treptată a sarcinii, deformația depinde de viteza de încărcare.

În acest stadiu al comportării materialului, legea de deformare nu este funcție numai de eforturi, ci și de viteza de variație a eforturilor și reciproc : eforturile depind nu numai de deformații, ci și de viteza de deformare.

Proprietatea de variație a eforturilor în funcție de viteza de deformare caracterizează viscozitatea η (fig.2.3) astfel încât acest coeficient este dat de raportul $\eta = \frac{\sigma}{dv/dy}$

$$\sigma = \frac{dF}{dS} = \eta \cdot \frac{dv}{dy} \quad (2.3)$$

Între efortul tangențial (σ) și variația vitezei de curgere dv/dy pe normala elementului de suprafață considerat există proporționalitate.

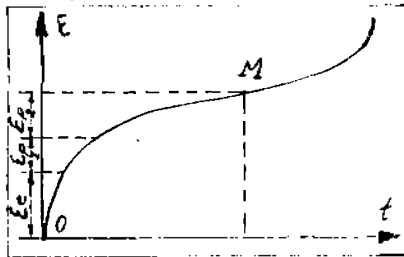


Fig.2.2. Deformație izotermă sub sarcină constantă.

Mărima vitezei de curgere reprezintă derivata vitezei în raport cu distanța y față de origine. Relația dintre eforturi, deformații și timp poate fi exprimată nu numai sub formă diferențială sau integrală. Imaginea reală a deformării materialelor în timp depinde de procesul de încărcare, adică de valoarea eforturilor în momentul t .

Prăfurile, argilele, pământurile stabilizate cu lianți organici, materialele enrobate au o comportare visco-elastică. În consecință, neglițarea variațiilor în timp ale eforturilor unitare și deformațiilor, acolo unde acestea se manifestă în mod accentuat, conduce la compromiterea lucrării[25].

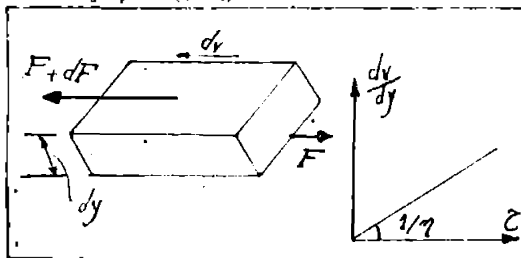


Fig.2.3. Variația eforturilor în funcție de viteza de deformare.

Sub sarcini de durată, lianții organici și mixturile asfaltice prezintă fenomenul de fluaș și relaxare, remarcabil prin consecințele sale. Ampla-

rea fenomenului depinde în mod notăritor de factorul timp. În practică, fenomenul poate să se prezinte sub două aspecte și anume : variația deformațiilor cu timpul constituie o latură a acestui fenomen, numită fluaș, iar variația eforturilor unitare cu timpul se numește relaxare și reprezintă cealaltă latură a fenomenului.

Datorită fluașului, deformațiile sistemelor rutiere pot spori de câteva ori față de cele instanțanee, Mai ales la trepte mari de

încălzire sau la temperaturi ambiante relativ ridicate, fluajul poate provoca ruperea prematură a structurii. Alte ori însă, fluajul poate interveni favorabil asupra comportării unui sistem rutier, prin faptul că creșterea deformațiilor sub încălziri de durată influențează repartizarea eforturilor unitare, producând redistribuiri ale acestora [20].

Definirea noțiunii de relaxare este esențială pentru înțelegerea fenomenelor care determină deformarea și comportarea lianților organici, precum și aceea a amestecurilor asfaltice. Faptul că deformația integral elastică se transformă, în timpul acțiunii sarcinii cel puțin în parte, într-o deformație plastică face ca efortul unitar necesar menținerii deformației totale constante, care este proporțional numai cu deformația elastică, să se reducă ne măsură ce timpul de acționare a sarcinii crește. Relaxarea reprezintă un proces de acțiune posterioară care se manifestă prin scăderea eforturilor unitare din corpurile deformabile, ca rezultat al trecerii deformațiilor elastice în plastice.

2.2.3. În stadiul plastic

Prin comportarea plastică se înțelege proprietatea materialului de a se deforma ireversibil când eforturile unitare sub acțiunea forțelor exterioare au atins limite de curgere sau fluaj. Peste această limită deformațiile cresc fără mărirea eforturilor, ajungând la valori de câteva ori mai mari decât în stadiul visco-elastic. Suprafețele de alunecare care apar progresiv antrenează ruperea materialului [21].

Un fenomen mecanic analog corpului plastic este frecarea de alunecare. O greutate G rezemată pe un plan și solicitată de o forță de tracțiune T nu se pune în mișcare decât în momentul când forța T depășește forța de frecare $F = f \cdot G$. Pe această analogie se bazează modelul lui de Saint-Venant.

Proprietățile plastice nu sînt independente de cele visco-elastice. De exemplu, materialele cu frecare interioară ridicată, caracterizate prin rupere ductilă, au totodată și module de elasticitate ridicate. Acest caz se întîlnește la materialele bituminoase, a căror coeziune și modul de rigiditate, cresc cînd temperatura scade. Și la pămînturi există o corelație între indicele C.B.R. și modul de forfecare.

Este evident că vîscozitatea tinde a se opune mișcării particulelor, fiind analogă frecării interioare, însă prezintă o

diferență esențială care constă în aceea că rezistența viscoasă tinde către zero în același timp cu viteza de deformare.

Această corelație între proprietățile visco-elastice și cele plastice era de așteptat deoarece frecarea interioară și modulul de elasticitate depind evident de compactitatea structurii materialului.

În calcule, se consideră că limita de fluaj corespunde cu ruperea structurii rutiere. Eforturile unitare sînt calculate presupunînd că materialul este lipsit de alunecări plastice și se verifică dacă eforturile astfel calculate nu contrazic ipoteza, adică dacă rămîn inferioare limitei de fluaj cu o anumită marjă de siguranță [22].

Limita de fluaj este definită de înfășurătoarea cercurilor Mohr de rupere, numită curba intrinsecă. Această curbă este asimilată pentru materialele rutiere de două drepte simetrice în raport cu axele eforturilor normale determinînd unghiul de frecare interioară și coeziunea C (fig.2.4).

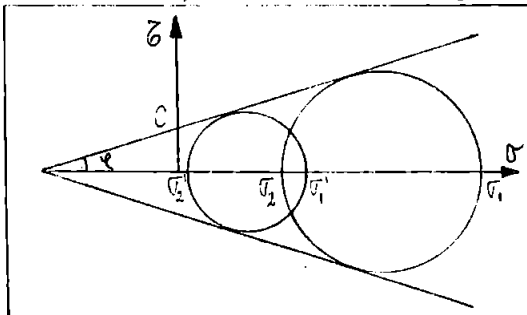


Fig.2.4. Cercurile Mohr de rupere.

Ruperea plastică a pămînturilor și anrobatorilor nu este un fenomen precis definit ca pentru oțel de exemplu. Această rupere depinde în mare măsură chiar de condițiile încercării. Ca atare, este necesar să se definească modul de lucru caracterizat prin viteza de deformare și temperatura impuse în timpul încercării.

Încercarea fundamentală pentru determinarea ruperii plastice este încercarea triaxială, care constă în a exercita asupra unor epruvete cilindrice (prezentînd în general înălțime egală sau mai mare cu dublul diametrului) o presiune axială transmisă mecanic prin pistonul unei prese și, simultan o presiune radială transmisă hidraulic cu ajutorul unui lichid conținut de o celulă care înconjoară epruveta.

Curba intrinsecă determinată prin această încercare presupune deci, implicit, că ruperea plastică nu depinde decît de eforturile principale extreme (ipoteza lui Caquot), efortul intermediar neavînd influență asupra acestei curbe intrinseci [21].

Ansamblul cercurilor Mohr constituite cu cele două eforturi principale extreme permit trasarea curbei intrinseci a ruperii plas-

tice. În fig.2.5. se prezintă înfăgurătoarea cercurilor lui Mohr în stratul superior al unui sistem bistrat avînd $h = R$

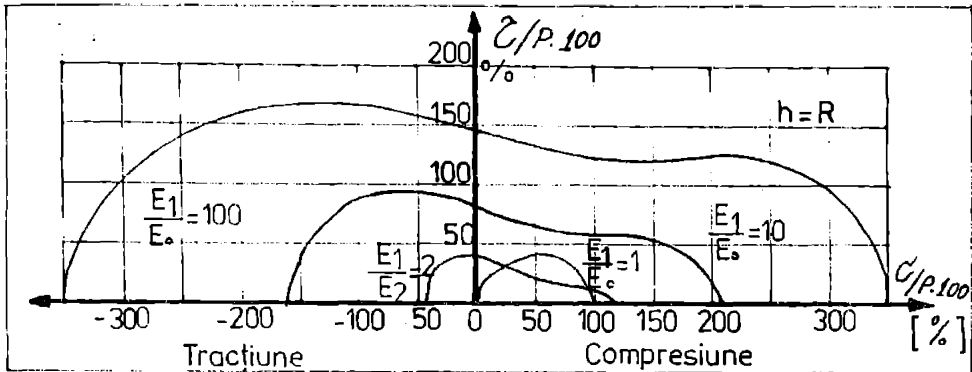


Fig.2.5. Curbe înfăgurătoare ale cercurilor lui Mohr în stratul superior al unui sistem bistrat.

Încercarea triaxială a amestecurilor asfaltice se prezintă sub diferite forme : unele încercări sînt executate cu viteză zero, altele sînt executate cu viteză finită (Nyboer, Smith, Eveson). În acest caz rezultă că unghiul de frecare interioară este independent de viteza încercării însă diferă de unghiul de frecare interioară măsurat în încercarea cu viteză zero (fiind mai mare cu $1 \dots 2^\circ$).

În fine, în anumite încercări (Duriez, braziliană, Marshall, Hubbard) se provoacă ruperea plastică prin viteze de deformare definite. Toate aceste încercări dau rezultate diferite, care depind și de modul în care a fost compactată epruveta [20].

Parametrii plastici ai materialelor și utilizarea lor în calcule nu pot fi deci despărțiți de modul de lucru care a permis determinarea lor. Trebuie de asemenea să se țină seama de faptul că structurile rutiere nu sînt supuse la eforturi permanente, ci la succesiuni de încărcări și descărcări care pot da loc la fenomene de oboseală.

2.3. ANALIZA PROPRIETĂȚILOR BITUMURILOR

2.3.1. Bitumul pentru drumuri

Bitumul este un produs natural sau artificial de consistență fluidă sau semisolidă de culoare închisă de la brun pînă la negru, format din amestecuri complexe de substanțe organice.

Constituenții cei mai importanți ai bitumului sînt : uleiurile, rășinile, asfaltenele, acizii asfaltogeni și anhidridele lor [30].

La bitumul de petrol utilizat la lucrările de drumuri compoziția aproximativă pe fracțiuni este următoarea :

- uleiuri 40...60 % ;
- rășini 18...46 % ;
- asfaltene 15...35 % .

Comportarea în timp a bitumului, compoziția și proprietățile lui sînt influențate de factorii atmosferici care acționează continuu asupra lui după punerea în operă. Acești factori sînt : lumina, temperatura, oxigenul din aer etc. Sub influența acestor factori bitumul suferă un fenomen de îmbătrînire, în general ireversibil, care se manifestă prin oxidarea și polimerizarea uleiurilor, parte din ele trecînd în rășini, iar rășinile mai departe în asfaltene[27].

2.3.2. Proprietățile biturilor

- penetrația . Prin penetrație se înțelege adîncimea de pătrundere în bitum a unui ac normalizat, avînd masa de 100 g., la temperatura de 25 °C. Penetrația se măsoară în zecimi de mm.

Pentru determinarea penetrației se folosește penetrometrul tip Richardson sau de alt tip(electronic).

- punctul de înmuiere . La bitumuri, punctul de înmuiere înlocuiește punctul de topire și reprezintă temperatura la care bitumul încetează de a mai fi plastic și devine lichid. Stabilirea punctului de înmuiere se face în mod convențional prin :

- metoda inel și bilă ;
- metoda Kraemer-Sarnow.

Punctul de înmuiere K_5 este cu aproximativ 12 °C mai mic decît cel determinat cu metoda IB.

- penetrația . Indicele de penetrație (IP) reprezintă o valoare a susceptibilității biturilor în funcție de temperatură și se determină prin calcul pe baza determinării penetrației la 25 °C. și punctului de înmuiere inel și bilă.

Bitumurile al căror IP variază între - 1 și + 1 sînt considerate bitumuri normale, cele cu $IP > 1$ sînt puțin sensibile față de temperatură, iar cele cu $IP < - 1$ sînt considerate sensibile comparativ cu cele normale.

- rigiditatea . Modulul de rigiditate S_D al bitumului este definit ca raportul dintre efortul unitar longitudinal σ și deformația relativă longitudinală ϵ .

Modulul de rigiditate al unui liant se măsoară prin încercarea unui cilindru de liant la o ușoară oscilație într-o balanță de

torsiune, înregistrându-se amplitudinea și frecvența oscilației.

Modulul de rigiditate al bitumului depinde de durata de încălzire și de temperatură la care are loc determinarea, de aceea se notează corect astfel :

$$E_{10} = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (t, T) \quad [N/m^2] \quad (2.4)$$

tunde:

t este timpul de încălzire ;

T - temperatura de lucru ;

Varianta grafică de rigiditate al bitumului este prezentată în fig.2.5 prin nomograma Van Der Poel care este adoptată în general și este facilitarea obținerea modulului de rigiditate al bitumului la diverse temperaturi, cunoașterea indicelui de penetrație, durata de aplicare a sarcinii și diferența de temperatură.

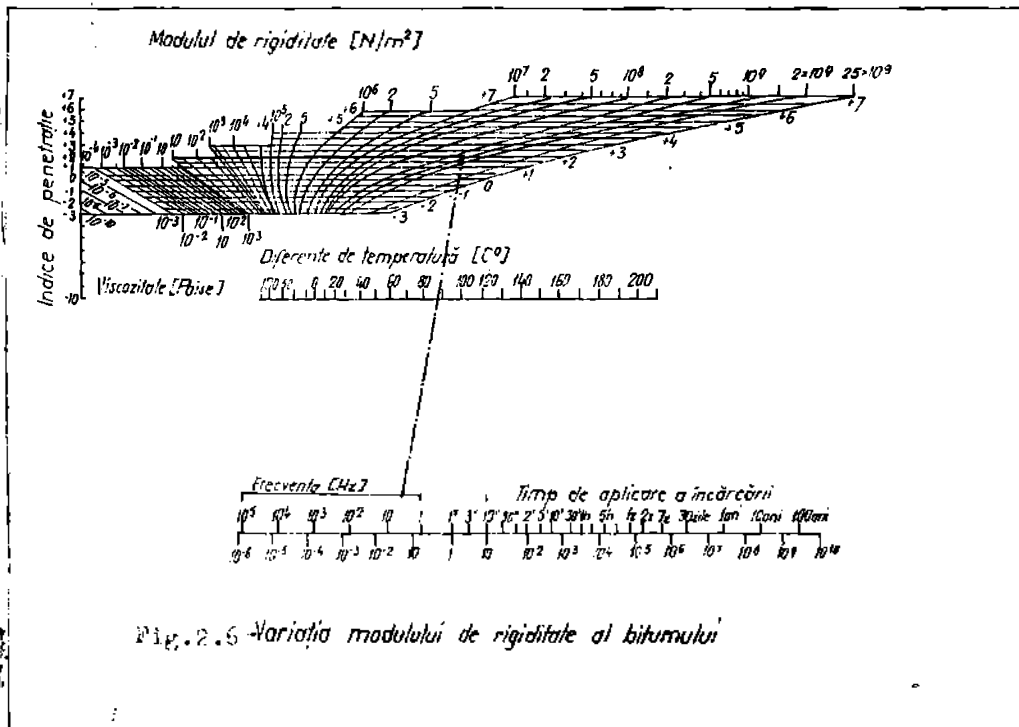


Fig. 2.5 - Variația modulului de rigiditate al bitumului

- punctul de planșare Ebbulclula.

Constată de planșare după Ebbulclula reprezintă temperatura la care se desprinde din riplul metalic prima picătură de bitum topit și cade pe suprafața riplului metalic.

Temperatura la care cade prima picătură din riplul metalic reprezintă punctul de planșare, care este cu circa 16 °C mai mic

re decât punctul de înmuiere determinat prin metoda inel și bilă.

- punctul de rupere Fressa . Punctul de rupere indică temperatura la care bitumul încetează de a mai fi plastic și devine rigid.

Constă în îndoirea în condiții determinate, a unei plăci subțiri de oțel, acoperite cu o peliculă de bitum, la temperaturi din ce în ce mai scăzute, până ce apar fisuri pe suprafața peliculei. Se citește temperatura, în momentul când prin îndoirea plăcii de oțel, pe pelicula de bitum apar une sau mai multe fisuri. Această temperatură este considerată ca punct de rupere. În general punctul de rupere kraosa depinde de tipul de bitum (poate varia între -10°C și -17°C).

- ductilitatea . Determinarea ductilității constă în stabilirea elongării maxime până la rupere, a unei probe de bitum turnată într-o formă de construcție specială și supusă întinderii, cu o viteză constantă, la o temperatură constantă.

Determinarea se face la temperatura constantă de încercare de $+25^{\circ}\text{C}$ și 0°C .

- adezivitatea . Adezivitatea este proprietatea lianților bituminosi de a adera la suprafațe agregatelor și de a lipi granulele între ele.

Adezivitatea lor se poate defini ca rezistența pe care o opune la dezlipire peliculă de liant care lipește două granule de agregat. Adezivitatea depinde în egală măsură atât de proprietățile liantului, cât și de ale agregatului. Un liant nu prezintă o adezivitate intrinsecă, el poate avea o adezivitate pentru un anumit agregat; această adezivitate se poate schimba sensibil de la un agregat la altul.

Se constată că bitumul are o bună adezivitate la agregate de natură bazică sau neutră și prezintă în schimb o slabă adezivitate pe agregate silicioase (de natură acidă).

Adezivitatea se măsoară prin încercări indirecte, bazate pe aprecierea vizuală a măsurii în care diferite tipuri de agregate tratate cu bitum se dezamobesc progresiv sub acțiunea apei.

Pentru determinarea adezivității se cunosc următoarele metode: metoda Kiechel-Weber, Lăzărescu, CARR, metoda cu placa, metoda statică la rece și la cald și metoda dinamică [30]

2.4. STADIUL CERCETĂRIILOR PRIVIND COMPORTAREA REOLOGICĂ A BITURILOR ȘI POSIBILITĂȚI DE ADAPTARE ÎN CON- DIȚIILE DIN IRAN

De o importanță deosebită în cercetarea biturilor, reologia contribuie la cunoașterea schimbărilor de stare și ca stare a modului de comportare atunci când au loc modificări în condițiile de solicitare [71].

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

S-a stabilit că bitumul este o dispersie coloidală de natură micelară ce conține particule alcătuite din 10^3 până la 10^5 atomi, independente, cu dimensiuni reduse sau legate între ele într-o singură macromoleculă. Moleculele bipolare existente în bitum contribuie în parte la formarea aglomerărilor în macromolecule.

2.4.1. Stările structurale ale biturilor ca element de caracterizare a comportării

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

Fracționarea biturilor în grupe de componente și reamestecarea lor în diferite proporții a dat posibilitatea evidențierii influenței pe care tipul, natura sau conținutul acestora le exercită asupra comportării.

Examinarea amestecurilor în funcție de conținutul în asfaltene și exprimarea consistenței prin vâscozitatea la diferite temperaturi este înscrisă în diagrama compoziției-temperatură din fig.2.7, care permite caracterizarea comportării biturilor ca o funcție de stare [15].

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

Modul de comportare urmărit sub acest aspect complet a deschis o posibilitate de caracterizare mai reală și a condus la ideea obținerii de bitumuri sintetice cu caracteristici optime

din punct de vedere rutier.

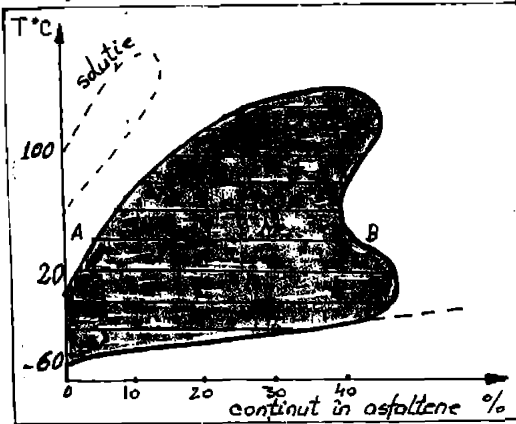


Fig.2.7. Starea structurală a amestecurilor în funcție de conținutul în asfaltene la diferite temperaturi.

2.4.2. Elemente de caracterizare a comportării reologice a biturilor

Comportarea bitumului este influențată de mărimea și durata solicitării și de temperatură și se poate reprezenta grafic prin curbele de curgere sau poate fi exprimată prin coeficienți de caracterizare [34].

Fenomenul curgerii biturilor este deosebit de complex. Pentru delimitarea domeniului consistențelor extreme în practică adoptăm la următorii para-

metrii de stare (fig.2.8) [70].

- vâscozitatea plastică : $\eta_{\infty}^x = (\tau - \tau_2) / \dot{\epsilon}$

- vâscozitatea plastică maximă : $\eta_0^x = (\tau - \tau_1) / \dot{\epsilon}$

- vâscozitatea în orice punct al curbei reologice indiferent dacă structura bitumului este intactă sau distrusă se poate determina cu relația [15]:

$$\eta_{\tau} = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta_{\infty}) \frac{(\tau/b)}{\text{sh}(\tau/b)} \quad (2.5)$$

în care: τ este efortul de forfecare ;

$\dot{\epsilon}$ - gradientul vitezei de forfecare ;

τ_2 - limita curgerii dinamice ;

τ_1 - limita curgerii statice ;

η_{τ} - vâscozitatea sub un efort oarecare ;

η_0 - vâscozitatea sistemului structurat ;

η_{∞} - vâscozitatea sistemului destrucurat ;

b - parametrul de structură.

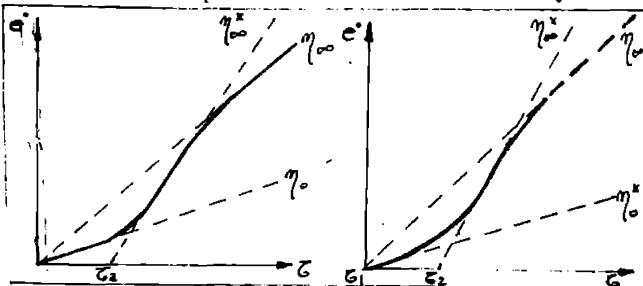


Fig.2.8. Curba de curgere și caracteristici structurale ale biturilor.

Durata de solicitare acționează în mod similar efortului producând odată cu creșterea valorii, destrucurarea, așa cum se arată în fig. 2.9. Ca și durata de solicitare, creșterea temperaturii reduce valoarea

viscozității întrucît produce o destructurare și ca atare apropie valorile lui η_0 de cele ale lui η_s . Reducerea temperaturii produce un efect contrar.

Alura curbelor de curgere prezentată în fig.2.10 pentru diferite temperaturi arată că destructurarea se produce cu atît mai repede cu cît temperatura este mai ridicată.

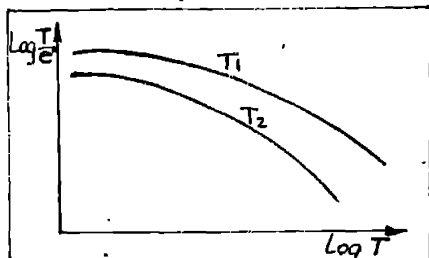


Fig.2.9. Curbe de variația consistenței în funcție de durata de noționare a sarcinii.

Intrucît temperatura și durata de solicitare produc asupra biturilor acțiuni similare și ca atare identitate de efecte, pentru stabilirea modului de comportare cumulat s-a adoptat o exprimare globală ce integrează efectul factorilor de solicitare, prin curba unică sau redusă, care implică pentru trasare numai precizarea unei temperaturi de referință, care să corespundă pentru starea de structură, unui punct de tranziție [15].

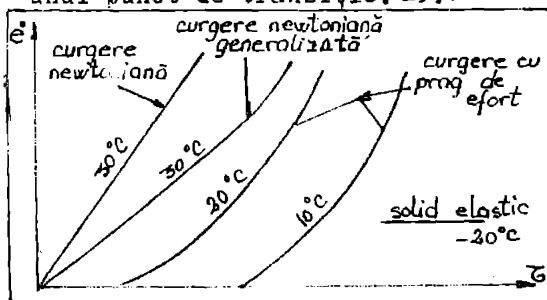


Fig.2.10. Variația comportării reologice a unui bitum în funcție de temperatură.

Reprezentarea unică a caracteristicilor de curgere pe baza curbei reduse poate fi realizată grafic prin translația curbelor izoterme paralel cu axa timpilor de solicitare sau analitic prin intermediul unui factor de translație, a_T , calculat din relația [34]:

$$\log a_T = \frac{-C_1(T - T_{ref})}{C_2^+ (T - T_{ref})} \quad (2.6)$$

unde C_1 și C_2 sînt constante caracteristice naturii bitumului și depind de temperatura de referință (fig.2.11).

Luînd în considerare efectul similar exercitat de parametrii de solicitare asupra comportării visco-elastice, Van der Pöel a stabilit modificările de stare ale biturilor prin rezistența opusă la deformare, exprimată de raportul dintre efortul unitar (σ) și deformația specifică (e') funcția de temperatura (T), timp de solicitare (t) și structura bitumului caracterizată prin valoarea indicelui de penetrație (IP), respectiv prin modulul de rigiditate (S_p).

Evoluția consistenței unui bitum, ca urmare modificărilor de

temperatură, prezintă un interes practic deosebit în procesul de prelucrare al biturilor și al exploatării straturilor rutiere bituminoase alături de curbele de curgere caracterizând comportarea reologică [15].

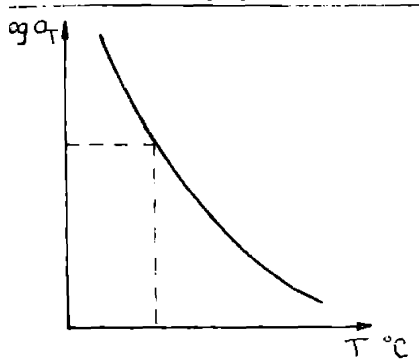


Fig.2.11. Variația factorului de translație (a_p) în funcție de temperatura (T).

Cele mai uzuale căi de stabilirea susceptibilității termice se bazează pe determinările de penetrație, măsurători privind viscozitatea bitumului.

2.4.3. Încercări de laborator asupra bitumului

Importanța cunoașterii schimbărilor de structură ale biturilor în condiții de solicitare variată, așa cum a fost arătat la pct.2.4.1. și 2.4.2, reprezintă o investigație precisă prin rezultatele pe care le furnizează în legătură cu modul de comportare.

În cadrul laboratorului de drumuri al Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții (Facultatea de Construcții din Timișoara) am efectuat o serie de încercări de laborator în vederea studiului comportării reologice a biturilor.

Cercetările și studiile întreprinse au vizat în special două tipuri de bituri și anume: bitumul tip D 80/120 utilizat mai frecvent în Europa și bitumul tip D 40/50, un bitum dur.

Bitumul tip D 40/50 a fost ales avînd în vedere că temperatura mediului ambiant din partea sudică și centrală a Iranului este mai ridicată decît în general în Europa și știind că elementele de caracterizare a comportării reologice a biturilor sînt mărimea și durata solicitării și temperatura.

Încercările de laborator efectuate asupra celor două tipuri de bitum au avut drept scop stabilirea următoarelor caracteristici :

- penetrația bitumului ;
- punctul de înmuiere al bitumului ;
- ductilitatea bitumului ;
- punctul de rupere al bitumului ;
- viscozitatea bitumului ;
- adezivitatea bitumului.

Penetrația bitumului a fost determinată utilizînd penetrome-

trul Richardson cu ac normalizat, avînd masă de 100 g, la temperatura de 25 °C. Deoarece penetrometrul Richardson are o precizie limitată, la încercări s-a folosit și penetrometrul electronic (fig.2.12) realizat în cadrul Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții. Rezultatele obținute, sînt prezentate (în zecimi de mm), în tabelul

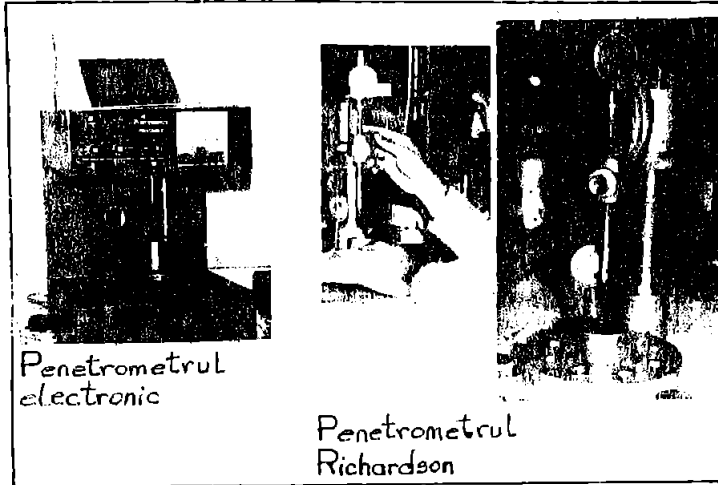


Fig.2.12. Penetrometrul electronic și Penetrometrul Richardson.

2.1. Pentru a urmări susceptibilitatea termică a bitumului s-a determinat și penetrația acestuia și la temperatura de 15 °C.

Această caracteristică se determină în mod curent în laboratoarele de drumuri în

Europa, dînd indicații asupra tipului de bitum, respectiv a consistenței acestuia.

Tabelul 2.1.

Tipuri/încerc.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Med
D 80/120	25 °C	93	108	96	115	100	97	99	106	101	101	102
	15 °C	38	43	38	35	34	36	38	40	40	37	38
D 40/50	25 °C	39	42	41	42	40	40	40	39	41	39	40
	15 °C	19	18	21	19	17	16	15	17	19	19	18

Punctul de înmuiere al bitumului a fost stabilit prin metoda inel și bilă. Temperatura băii de apă în care am introdus aparatul a avut o creștere continuă cu o viteză de 5 °C/min.

Rezultatele obținute (temperatura corespunzătoare punctului de înmuiere, respectiv momentul în care bila de oțel a trecut prin inel și a atins placa inferioară), sînt trecute în tabelul 2.2.

Pentru determinarea punctului de înmuiere al bitumului s-a folosit și aparatul inel și bilă electronic (fig.2.13) realizat în cadrul Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții.

Ductibilitatea bitumului a fost determinată cu ajutorul duc-

tilometrului prezentat în fig.2.14.

Valorile sînt date în °C Tabelul 2.2.

Tipuri/ încerc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Med.
D 80/120	47,0	49,5	47,0	44,2	45,0	54,3	46,1	44,3	48,2	46,1	46,1
D 40/50	63,2	61,8	58,8	60,2	62,4	58,6	58,9	61,9	60,1	60,2	57,9

Pentru a pune în evidență cît mai clar calitățile plastice ale tipurilor de bitum folosite, am determinat ductibilitatea la 0 °C și la 25 °C.

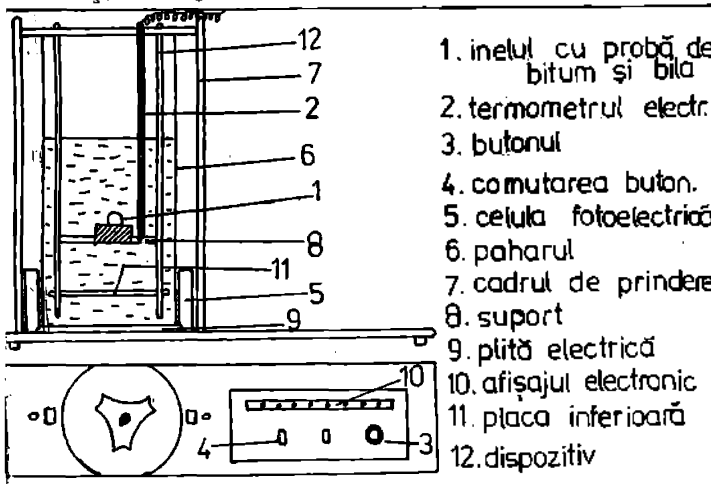


Fig.2.13. Aparatul inel și bilă electronic.

Rezultatele obținute pe baza încercărilor de laborator efectuate (lungimea firului de bitum în momentul ruperii măsurat în cm) în cazul celor două tipuri de bitum, sînt trecute în tabelul 2.3.

Ductilitatea dă o imagine asupra modului de comportare al bitumului la

variații de temperatură, informație importantă pentru comportarea în exploatare.



-cablul
-baza metalică
-riglă gradată
4-fire de bitum
5-matrițe

Fig.2.14. Ductilometru.

Punctul de rupere al bitumului l-am determinat folosind aparatul Fraass (fig.2.15). O plăcuță de oțel foarte subțire, cu o peliculă de bitum este supusă la încovoieri repetate, la temperaturi din ce în ce mai scăzute, pînă cînd pelicula de bitum începe să se fisureze.

Rezultatele obținute (temperatura de rupere) pe baza încercărilor efectuate în laborator sînt prezentate în tabelul 2.4.

Tabelul 2.3.

Tipuri/încerc.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Med
D 80/120	25 °C	101	98	100	101	96	97	101	97	98	100	98,9
	0 °C	2,1	2,2	1,8	1,9	1,8	1,7	1,8	1,9	1,7	1,6	1,85
D 40/50	25 °C	70	74	68	71	67	69	72	68	64	73	69,6
	0 °C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Viscozitatea reprezintă rezistența pe care o opune bitumul la deformații, prin frecarea interioară a particulelor. Pentru determinarea viscozității se folosesc mai multe aparate.

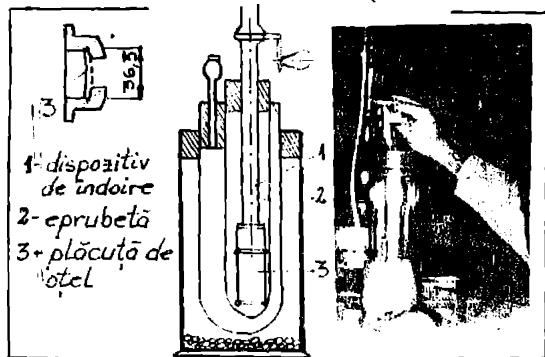


Fig.2.15. Aparatele Fraass.

Tabelul 2.4.

Tipuri/încerc.	1	2	3	4	5	Med.
	(°C)					
D 80/120	-16	-17	-15	-16	-18	-16,4
D 40/50	-10	-9	-11	-11	-12	-10,6

Determinările, dat fiind performanța limitată a aparatului de laborator le-am efectuat în domeniul consistențelor ridicate cu consistometrul Höppler pentru bitumul tip D 40/50. (fig.2.16), iar în domeniul consistențelor reduse cu viscozimetrul rotativ pentru bitumul tip D 80/120 (fig.2.16) condițiile de lucru fiind următoarele :

Determinările, dat fiind performanța limitată a aparatului de laborator le-am efectuat în domeniul consistențelor ridicate cu consistometrul Höppler pentru bitumul tip D 40/50. (fig.2.16), iar în domeniul consistențelor reduse cu viscozimetrul rotativ pentru bitumul tip D 80/120 (fig.2.16) condițiile de lucru fiind următoarele :

Caracteristici	Consistometrul Höppler	Viscozimetrul rotativ
Viscozitatea dinamică în CP	$10^6 \dots 10^{11}$	$10^2 \dots 10^5$
Efortul de forfecare, τ în dyn/cm ²	$10^5 \dots 4,10^7$	$10^2 \dots 10^5$
Viteza de forfecare V, în cm/ s.	$5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-2}$	
Temperatura, în °C	5 ... 40	55 ... 130

Rezultatele obținute pe baza încercărilor efectuate în laborator sînt prezentate în tabelul 2.5, în cP.

Tabelul 2.5.

Tipuri/încerc.		1	2	3	4	5	Med.
D 80/120	60 °C	$2,0 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^5$	$20 \cdot 10^5$	$21 \cdot 10^5$	$21 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$
	135 °C	$4,8 \cdot 10^2$	$5,6 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^2$	$4,1 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^2$
D 40/50	60 °C	$1,4 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,45 \cdot 10^5$	$1,48 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,466 \cdot 10^5$
	135 °C	$3,0 \cdot 10^2$	$3,2 \cdot 10^2$	$3,15 \cdot 10^2$	$3,2 \cdot 10^2$	$3,3 \cdot 10^2$	$3,17 \cdot 10^2$

Cunoașterea vîscozității liantului, sub diferitele lui forme de utilizare, permite alegerea procedului de punere în operă și a temperaturii de lucru în diferitele stadii ale procesului tehnologic de preparare și așternere.



Fig.2.16.Consistometrul Höppler și viscozimetrul rotativ.

Susceptibilitatea termică reprezintă evoluția consistenței unui bitum ca urmare a modificărilor de temperatură. Aceasta prezintă un interes practic deosebit în comportarea în exploatare a îmbrăcămintilor bituminoase, avînd în vedere caracterul reologic al proprietăților bitumului.

Cele mai uzuale căi de stabilirea suscepti-

bilității termice se bazează pe determinările penetrației și punctului de înmuiere.

Susceptibilitatea termică ^(a) se poate obține din relația :

$$a = \frac{\log 800 - \log P_{25}}{T_{IB} - 25} \quad (2.7)$$

în care:

800 este penetrația bitumului la temperatura punctului de înmuiere;

T_{IB} - temperatura punctului de înmuiere al bitumului respectiv ;

P_{25} - penetrația bitumului la 25 °C.

Pe baza datelor din tabelul 2.1. (valorile penetrației bitumului) și tabelul 2.2 (valorile punctului de înmuiere al bitumului) și folosind relația 2.7, s-au determinat valorile susceptibilității termice la fiecare încercare efectuată pentru cele două tipuri de bitum. Valorile susceptibilității termice obținute sînt prezentate în tabelul 2.6.

Indiferent de modalitatea prin care se determină susceptibilitatea termică, valorile relevă că susceptibilitatea modificărilor lor de stare este diferită de la un bitum la altul.

Susceptibilitatea termică a bitumurilor variază de la un

domeniu de temperatură la altul.

Valorile sînt multiplicată cu 10^{-3} Tabelul 2.6.

Tipuri/încerc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Med
D 80/120	42	37	47	44	45	45	42	45	40	41	42
D 40/50	34	34	37	37	37	34	38	38	34	37	36

Indicele de penetrație poate fi exprimat în funcție de susceptibilitatea termică prin relația [27]:

$$IP = \frac{20 - 500.a}{1 + 50.a} \quad (2.8)$$

Metoda pentru determinarea indicelui de penetrație se bazează pe faptul că dependența penetrației unui bitum oarecare față de temperatură poate fi reprezentată printr-o dreaptă, cînd se folosește o scară logaritmică pentru penetrație și una zecimală pentru temperatură.

Nomograma IP din fig.2.17 permite să se obțină rapid valoarea aproximativă a indicelui de penetrație IP, cînd se cunoaște penetrația bitumului la 25 °C și punctul de înmuiere IB al aceluiași bitum.

Avînd valorile susceptibilității termice din tab.2.6, s-a determinat valorile indicelui de penetrație (cu ajutorul relației 2.8) la cele 10 încercări pentru bitumurile alese, care s-au prezentat în tab.2.7.

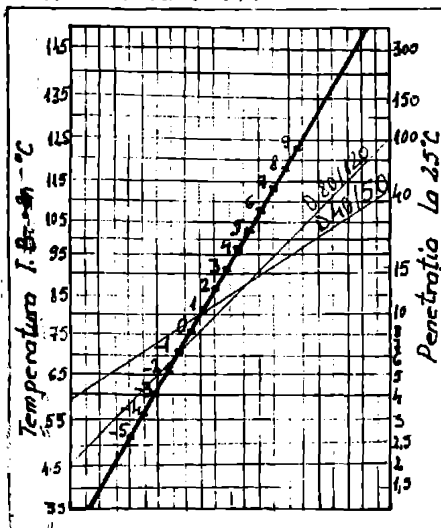


Fig.2.17. Nomograma indicelui de penetrație.

Problema examinării susceptibilității termice devine și mai actuală în cazul utilizării bitumurilor parafinoase sau a unor produse noi pentru care nu se dispune de observații asupra comportării lucrărilor în timp.

Pentru determinarea adezivității se cunosc următoarele metode : metoda Riedel Weber, Lîsinhina, CAER, metoda cu placa, metoda statică la rece și la cald și metoda dinamică.

Pentru determinarea adezivității am folosit metoda cu ajutorul dispozitivului cu placă (construit pe principiul Vialit) care este prezentat în fig. 2.18.

Tabelul 2.7.

Tip./încerc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Med
D 80/120.	0,33	0,53	0,63	0,77	0,78	0,77	0,38	0,38	0,78	0	0,4
D 40/50	1,14	1,16	0,53	0,58	0,53	1,15	0,34	0,36	1,17	0,57	0,7

Pe suprafața biturilor calde, întinse pe placa metalică, se așază cu mina 100 granule din agregatul natural (criblură 3-8) de încercat. Pe urmă se lasă placa timp de 2 ore la temperatura camerei (pentru răcirea bitumului) și ^{se}îmersează în apă potabilă (trei ori).

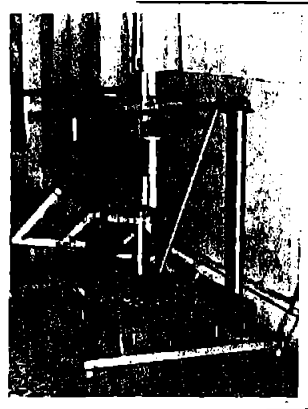


Fig.2.18. Aparat pentru determinarea adezivității.

Se așază placa pe cei 4 suportți fixați pe stativul metalic, cu fața pe care sînt lipite granulele, în jos. De la înălțimea de 50 cm se lasă să cadă liber bila de 500 g de 5 ori pe suprafața

plăcii. Se ridică placa și se numără granulele dezlipite. Adezivitatea se exprimă în procente.

Rezultatele obținute prin încercări de laborator (direct în procente) la cele două tipuri de bitum folosit, sînt prezentate în tabelul 2.8.

Tabelul 2.8.

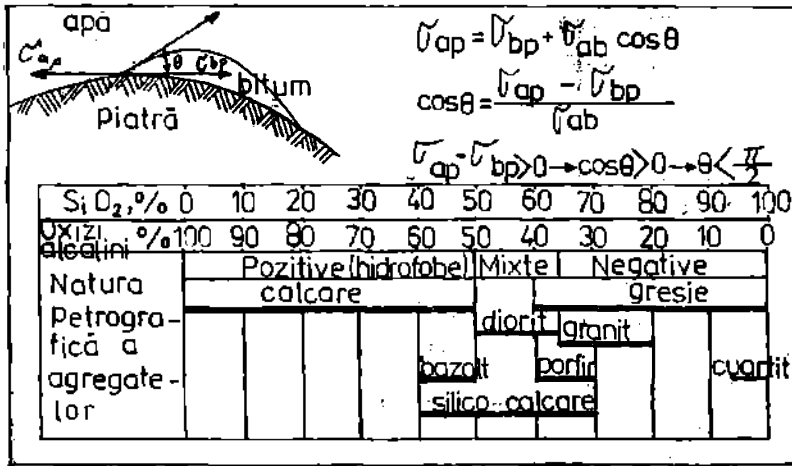
Tipuri/încerc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Med.
D 80/120	81	82	87	87	84	82	92	88	85	81	84,9
D 40/50	85	83	82	86	81	85	86	85	82	83	83,8

Adezivitatea liantului față de material nu este suficientă decât dacă se menține și în prezența apei. Apa are o tensiune superficială de 75 dyn/cm față de bitum, a cărui tensiune superficială este de numai 25 dyn/cm. Din această cauză, apa udă mai bine agregatele decât bitumul și tinde să-i ia locul. Bitumul are afinitate față de materialele hidrofobe, cu reacție bazică, cum sînt cele care provin ^{de la} calcare și bazalt (fig.2.19), în schimb, în cazul

materialelor hidrofiele, cu reacție acidă, cum sînt cele silicioase, rămîne un strat de apă adsorbită care nu poate fi deplasat de liant sau care înlesnește ulterior separarea liantului de pe agregat.

Lupă cum rezultă din tabelul 2.8 și fig.2.18, tipul de bitum folosit nu are o importanță hotărîtoare asupra adezivității bitumurilor.

Folosirea aditivilor la producerea mixturilor asfaltice prezintă următoarele avantaje tehnice și economice :



- permit folosirea rocilor acide ;
- dau posibilitatea folosirii materialelor locale ;
- permit executarea lucrărilor pe timp rece și umed ;
- pot servi la stabiliza-

Fig.2.18. Factori care influențează adezivitatea bitumului.

ree cu lianți bituminoși ;

- dau o calitate superioară tratamentelor antiderapante ;
- întărirea lianților se face mai repede.

Se poate menționa că adezivitatea este cea mai importantă caracteristică a lianților și de ea depinde reușita oricărei lucrări. Adezivitatea este eficientă dacă se realizează pe orice fel de rocă și se menține și în prezența apei.

2.4.4. Interpretarea rezultatelor încercărilor de laborator

Scopul acestor încercări a fost de a compara două tipuri de bitum, unul dur și unul mai moale, în vederea folosirii acestor bitumuri în încercări de laborator asupra mixturii asfaltice cu rezistența ridicată la deformații. Acestea sînt soluții pe care le voi propune pentru realizarea mixturilor asfaltice la construcția drumurilor în regiunea sudică a Iranului, unde temperatura mediului ambiant este foarte ridicată.

După datele obținute în urma încercărilor de laborator, bitumul dur D 40/50 este mult mai avantajos în privința folosirii lui la realizarea amestecurilor asfaltice la temperatură ridicată.

Pe lângă dependența de condițiile climatice în cazul bitumului întrebuintat la lucrările rutiere trebuie să se țină cont în cadrul încercărilor de laborator de următoarele condiții :

- bitumul trebuie să lege granulele ;
- bitumul trebuie să reziste la acțiunea apei ;
- bitumul trebuie să aibă stabilitate în timp ;
- bitumul trebuie să rămână suficient de plastic la temperaturi scăzute pentru a evita formarea fisurilor ;
- bitumul trebuie să facă sistemul rutier impermeabil ;
- bitumul trebuie să protejeze îmbrăcămintea bituminoasă împotriva agenților atmosferici.

Din cele arătate anterior rezultă că consistența lianților este o funcție de temperatură (fig.2.19) [10]

Liantul rutier pentru realizarea amestecurilor asfaltice la construcția drumurilor din Iran, trebuie să fie în așa fel ales încât, în zona temperaturilor ridicate să aibă o susceptibilitate mai mică, pentru a nu produce deformații exagerate, iar în zone temperaturilor scăzute (nordul țării) să manifeste o susceptibilitate destul de mare, pentru a nu deveni rigid. În acest sens sînt de reținut două domenii de temperatură :

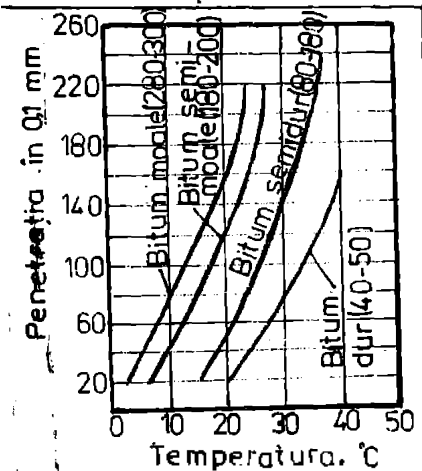


Fig.2.19. Variația penetrației în funcție de temperatură.

- domeniul temperaturii de exploatare , care după unele studii din Franța cuprinde temperaturi între -20°C pînă la $+60^{\circ}\text{C}$.

- domeniul temperaturii de punere în operă.

În fig.2.20, se poate observa că evoluția consistenței în funcție de temperatură, înregistrează două inflexiuni ce se înscriu în două breșe : una verticală rezultă din încercările de penetrație, iar alta orizontală rezultată din încercările privind punctul de înmuiere (inel și bilă).

Pentru condițiile industriale, fiecare din cele două breșe

trebuie să fie destul de largi, pentru ca estfel curbale relativ diferite de cea din figură să se poată înscrie în ele.

În legătură cu consistența menționez și fenomenul de tixotropie al lianților bituminoși. Lăsați în stare de repaus timp mai îndelungat, acești lianți capătă o anumită rigiditate, care

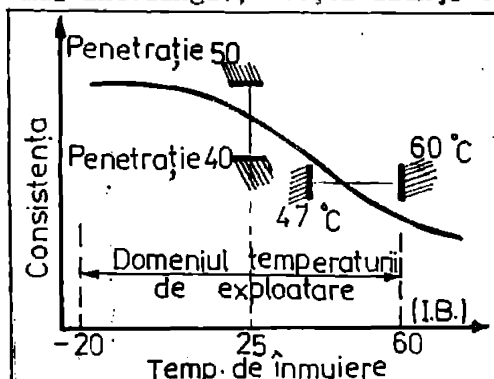


Fig.2.20. Curba evoluției consistenței în funcție de temperatură.

dispare în urma unei agitații mecanice. Când liantul este lăsat în repaus, micellele se așează în lanțuri lungi, care se împletesc între ele formând o structură particulară, uneori în formă de figure, iar curgerea nu se mai poate produce decât atunci când se distruge această structură internă și când liantul devine lichid. Tixotropia poate fi mărită prin filerizare sau prin încorporare de cauciuc.

O altă caracteristică a lianților bituminoși este plasticitatea, care reprezintă însușirea de a căpăta deformații permanente, fără a se fisura, sub acțiunea solicitărilor. Substanțele bituminoase sînt plastice numai într-un anumit interval de temperatură, iar în afara acestui interval corpurile își pierd caracteristicile plastice și devin solide sau lichide.

2.5. CONCLUZII SI PROPUNERI

In ceea ce privește comportarea materialelor rutiere la solicitările din trafic și variațiile de temperatură, ^{se}menționează următoarele observații :

- în stadiul elastic, un material are o comportare elastică, când deformația este funcție crescătoare de eforturi și se anulează când eforturile sînt zero ;

- în stadiul visco-elastic, pentru majoritatea materialelor, mărimea deformațiilor sub sarcină constantă, nu este constantă în timp ;

- coeficientul de vîscozitate dinamică a unui fluid vîscos este egal cu produsul dintre timpul de relaxare și modulul de forfecare.

In condițiile temperaturilor ridicate, a eforturilor mari și a duratei de solicitare prelungite, comportarea biturilor este diferențiată și decalajul dintre bituri se accentuează. Din valorile obținute se relevă că biturile normale (D 80/120) suferă un proces de destructurare mai intens comparativ cu celelalte. Acestea arată că biturile normale intră în curgere la 60 °C, temperatură la care biturile dure mai păstrează încă o vîscozitate de structură.

In ceea ce privește compoziția biturilor și ^{efectul}temperaturii mediului ambiant menționez următoarele observații:

- toate biturile sînt constituite din aceleași elemente și din aceleași tipuri de grupări ;

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

- îmbătrînirea produce treptat transformarea bitului, care se evidențiază prin modificări de compoziție ; modificarea stării de structură și creșterea rezistenței la curgere și reducerea susceptibilității termice determinate de noua structură formată, mai stabilă la acțiunea solicitărilor ;

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

- pe măsura creșterii temperaturii, a efortului și a duratei de solicitare, toate biturile înregistrează modificări de stare în privința consistenței ;

- este de observat că proprietățile fizice ale lianților bituminici au un pronunțat caracter reologic. Modul lor de comportare sub sarcină depinde de viteze cu care sînt aplicate sarcinile, de

dureța încălzirii și de temperatura la care se produc solicitările:

În ceea ce privește încercările de laborator asupra bitumului și importanța lor asupra calității straturilor bitumin^{oase} executate în Iran, menționez următoarele influențe ale fiecărei caracteristici a bitumului și anume :

- valoarea penetrației indică tipul de bitum. După consistență, bitumurile pot fi moi, mijlocii și dure. Pentru condițiile din Iran ar fi potrivit să se utilizeze diferite tipuri de bitum în funcție de temperatura mediului ambiant și de procedeu de lucru aplicat în executarea structurilor rutiere bituminose. La alegerea tipului de bitum trebuie să se ia în considerare și punctul de înmuiere;

- susceptibilitatea termică a bitumului, dată de indicele de penetrație este foarte importantă având în vedere comportarea diferită a biturilor la variația de temperatură. În acest sens pentru partea centrală a țării cu variații foarte mari de temperatură în timpul anului și chiar de la zi la noapte este necesar să se acorde o mare atenție alegerii tipului de bitum în direcție utilizării unor bitumuri cu susceptibilitatea termică redusă ;

- referitor la punctul de rupere se remarcă faptul că la temperaturi scăzute bitumul își reduce plasticitatea, devenind fragil și poate fiura sub acțiunea unei solicitări de încovoiere. Pentru partea sudică și eventual pentru^{cea} centrală a Iranului, această problemă nu este un pericol, fiindcă temperaturile negative nu coboară sub - 10 °C. În schimb, în partea nordică (muntosă) a țării, punctul de rupere este foarte important datorită temperaturilor scăzute din această zonă. Un bitum bun pentru partea nordică a țării trebuie să aibă un punct de rupere sub - 15 °C. Din acest punct de vedere bitumul tip D 80/120 corespunde pentru această regiune a țării;

- în legătură cu ductilitatea bitumului, aceasta este în funcție de compoziția chimică a bitumului. Un conținut mare de parafină influențează negativ ductilitatea bitumului. Cu cât un bitum este mai ductil cu atât va fi mai rezistent la solicitări mecanice la tracțiune și la contractii sau dilatații din temperatură. Pentru diverse zone ale țării trebuie să se aibă în vedere ductilitatea bitumului utilizat la diferite temperaturi, caracteristice regiunii respective;

- dar cea mai importantă caracteristică a lianților bituminoși este adezivitatea, care se poate defini ca fiind efortul necesar ce se exercită uniform pe unitatea de suprafață a unui liant pentru a-l detașa de suprafața suport. Pelicula se poate rupe când este învinsă coeziunea, dar se dezlipește când cedează adezivitatea. Pentru îmbunătățirea adezivității se propun următoarele măsuri (indiferent de tipul bitumului) :

. înobilarea suprafeței agregatelor prin tratarea cu lapte de ciment sau cu lapte de var în proporție de 2 % ; după evaporarea apei, pe suprafața agregatelor rămâne lipită o pojghiță de ciment sau de var, care are o reacție puternic bazică și astfel favorizează adezivitatea bitumului ;

. îmbunătățirea adezivității bitumului prin adăugarea în masă liantului tocit a unei cantități de 1...4 % pulbere de var stins, a cărei finețe, să fie de cel puțin 8 000...10 000 cm^2/g , care prin suprafața sa activă foarte mare contribuie la mărirea adezivității, sau prin introducerea în liant a unor substanțe tensioactive.

În ceea ce privește tehnologia de execuție și punerea în operă și modul de utilizare a biturilor în Iran, este necesar să se menționeze următoarele propuneri :

În Iran se fabrică doar două tipuri de bitum : unul foarte moale, care se expediază cald de la rafinării în vagoane-cisternă speciale și unul foarte dur, care se transportă în blocuri. Pe șantiere organele locale de construcții și executare a drumurilor (companiile particulare), amestecă aceste două tipuri de bitum în diferite proporții pentru a obține un bitum cu consistența dorită. Pentru determinarea proporției optime de dozare a acestor bitumuri nu se folosește o metodologie specială.

Problema aceasta este necesar să fie ridicată la nivelul ministerelor de construcții de drumuri și cel al petrochimiei, în scopul stabilirii corecte și eficiente a acestei tehnologii.

În ceea ce privește asigurarea calității corespunzătoare a bitumului, utilizat în funcție de condițiile climatice caracteristice diverselor zone ale țării, se propune :

- asigurarea cadrelor de specialiști necesare pentru efectuarea controlului calității bitumului și acordarea asistenței tehnice întreprinderilor de construcții ;

- introducerea de prescripții tehnice de stat care să cuprindă date privind utilizarea condițiilor de utilizare a bituma-

rilor existente în Iran;

- organizarea supravegherii de către stat a modului de execuție a lucrărilor prin companiile particulare în vederea asigurării unei calități corespunzătoare a acestora, care să conducă la o bună comportare în exploatarea a îmbrăcăminților bituminose;

- reducerea volumului lucrărilor de construcție a drumurilor saumate companiilor particulare în favoarea întreprinderilor de stat.

În aceste condiții se preconizează că se va asigura o calitate superioară a lucrărilor de construcție a drumurilor cu efecte economice și tehnice favorabile.

CAPITOLUL III

METODE DE DIMENSIONARE A SISTEMELOR RUTIERE

Calculul de dimensionare a sistemelor rutiere constituie una din preocupările care stau de foarte multă vreme în atenția specialiștilor din sectorul rutier. Elaborarea unei metode de calcul raționale și ușor de aplicat este dificilă, avînd în vedere numeroși factori care solicită complexul rutier și influențază modul de comportare a acestuia în exploatare. Unii factori depind de natura și intensitatea traficului rutier, alții de condițiile geotehnice, hidrologice și climatice, iar alții depind de caracteristicile materialelor și a tehnologiilor folosite în construcția straturilor sistemului rutier [27].

3.1. METODE DE DIMENSIONARE A SISTEMELOR RUTIERE NERIGIDE

Un sistem rutier nerigid este alcătuit din straturi cu rigiditate relativ scăzută care sub încărcările exterioare se pot deforma în limite largi, adaptîndu-se tasărilor neuniforme ale patului căii fără să se fieceze.

3.1.1. Metoda indicelui californian de portanță (CBR)

Această metodă permite calculul rapid al grosimii diferitelor straturi ale sistemului rutier, în funcție de indicele portanță C.B.R. al stratului inferior.

Determinarea indicelui C.B.R. se poate efectua pe un anumit tip de material (teren de fundare sau strat rutier), fie în laborator într-un cilindru standardizat, fie "in situ". Se măsoară presiunea de penetrare în daN/cm^2 și se trasează curba presiune-adîncime de penetrare (fig. 3.1). Se corectează curba prin deplasarea originii pentru anularea influenței neregularităților suprafeței și pentru rectificarea părții inițiale a curbei [2].

Lin curba corectată se determină presiunile corespunzătoare unei adîncimi de penetrare de 2,54 mm și 5,08 mm. Prin împărțirea acestor presiuni la 70,3 respectiv 105,1 (presiuni de penetrare pen-

tru un material ideal, foarte rezistent) și înmulțirea cu 100 se obțin valorile indicelui C.B.R. corespunzătoare, conform formulei 3.1. [25].

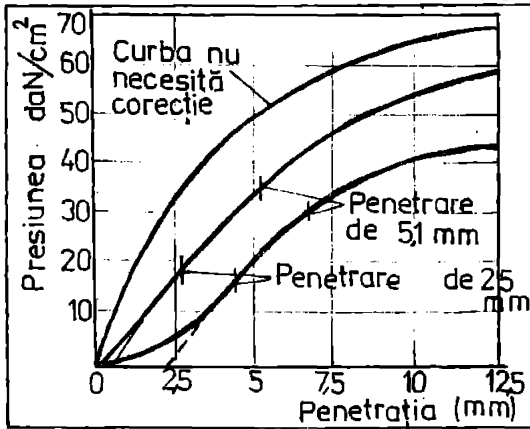


Fig. 3.1. Corectarea curbelor presiune-adâncime de penetrare.

mare, se repetă încercarea. Dacă noile rezultate se găsesc în același raport se reține pentru dimensionare valoarea indicelui C.B.R. corespunzătoare adâncimii de penetrare de 5,08 mm.

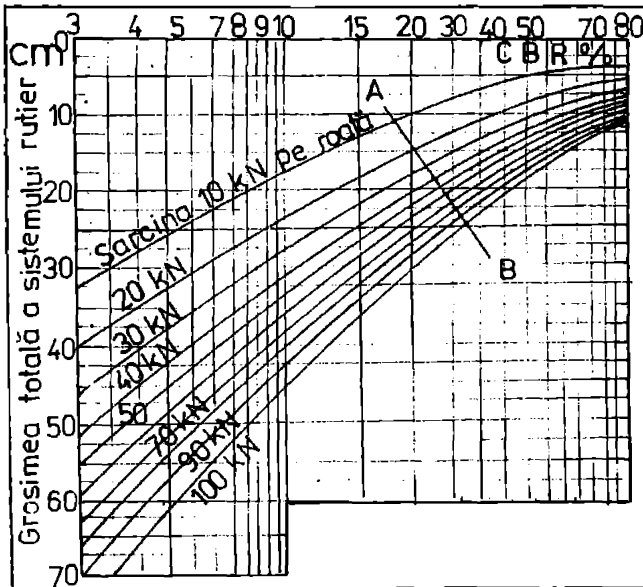


Fig. 3.2. Abace C.B.R. (Corpul de ingineri americani).

$$I = \frac{p}{P_0} 100 \quad [\%] \quad (3.1)$$

în care :

I este indicele de portanță C.B.R. în % ;

p - presiunea materialului cercetat, în daN/cm² ;

P₀ - presiunea pe probe etalon, în daN/cm².

În mod obișnuit se ia în considerare valoarea indicelui C.B.R. pentru adâncimea de penetrare de 2,54 mm. Dacă valoarea pentru adâncimea de 5,08 mm este mai

Pentru prelucrarea datelor încercărilor efectuate au fost întocmite abace care permit determinarea grosimii straturilor sistemului rutier în funcție de indicele C.B.R. al terenului de fundație (fig. 3.2) sau de valoarea traficului (fig. 3.3).

Feltier a remarcat că abacele C.B.R. se pot exprime cu o bună aproximație, cu ajutorul formulei următoare [48].

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{I}}{1 + 5} \quad [\text{cm}]$$

(3.2)

în care:

e este grosimea totală a sistemului rutier, în cm ;

P - sarcina maximă pe roată, în kN ;

I - indicele de portanță C.B.R.

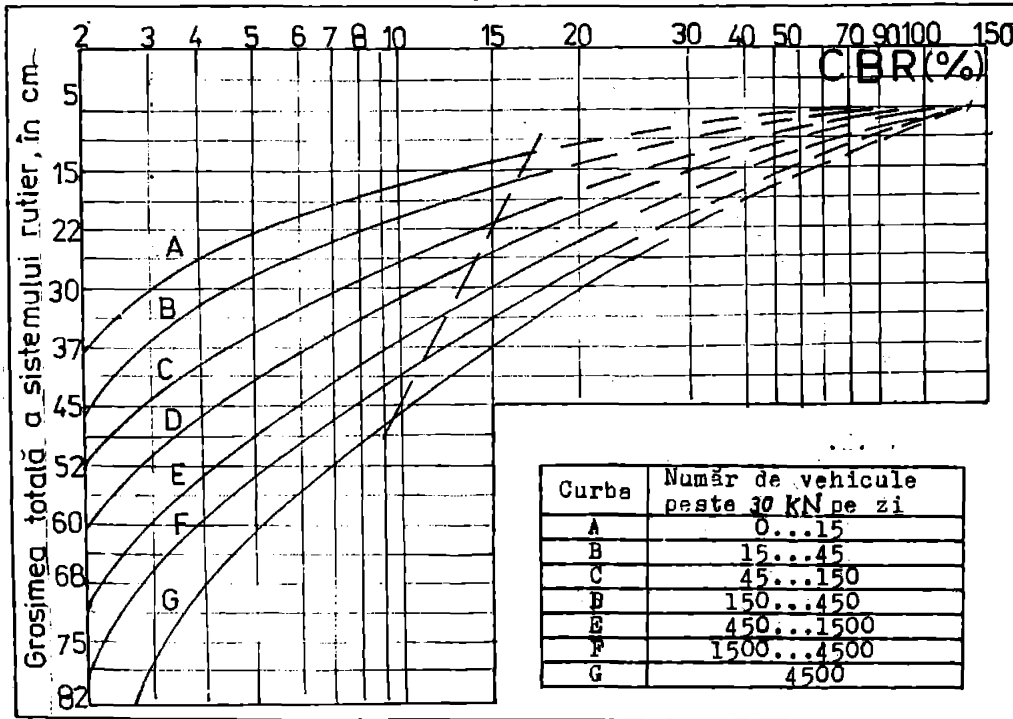


Fig.3.3. Abac C.B.R. (Laboratorul de Cercetări Rutiere).

Pentru a ține seama de influența intensității traficului Pețtier a propus următoarea relație pentru calculul grosimii totale a sistemului rutier [47]:

$$e = \frac{100+150 \sqrt{P} \sqrt[10]{\frac{T}{T_0}}}{I + 5} \quad [\text{cm}] \quad (3.3)$$

în care:

T_0 este trafic de referință, evaluez la 1 000 000 kl. pe an.m;

T - traficul real pe an, în kl/an.m.

Unii autori recomandă pentru calculul grosimii totale a sistemului rutier o formulă de forma :

$$e = \frac{100 \sqrt{P} (75+50 \lg \sqrt[10]{\frac{N}{10}})}{I + 5} \quad [\text{cm}] \quad (3.4)$$

în care N este numărul mediu zilnic al autovehiculelor cu greutate mai mare de 15 kl.

2.1.2. Metode de dimensionare rezultate din încercările A.A.S.H.O.

Mai multe metode empirice de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide au fost elaborate în S.U.A. în urma efectuării experiențelor de mare anvergură, A.A.S.H.O. Road Test.

Pentru a se compara starea de viabilitate pe diferite sectoare experimentale, a fost stabilit un indice de viabilitate (p) care are următoarea expresie :

$$p = 5,03 - 1,91 \text{ kg} (1 + \overline{SV}) - 0,01 \sqrt{C+F} - 1,38 \overline{RD}^2 \quad (3.5)$$

$$\overline{SV} = \frac{\frac{\sum_1^n \alpha_1}{1} - \frac{1}{n} \left(\frac{\sum_1^n \alpha_1}{1} \right)^2}{n - 1} \quad (3.6)$$

în care:

- \overline{SV} - este variația pantei locale în profil longitudinal ;
- α_1 - panta locală măsurată în punctul 1 cu ajutorul profilometrului A.A.S.H.O ;
- n - numărul total de măsurători ;
- F - ponderea suprafețelor reparate în suprafața totală ;
- C - ponderea suprafețelor fisurate în suprafața totală ;
- \overline{RD} - adâncimea medie a fâgeșelor longitudinale.

A fost determinată curba de variație a indicelui de viabilitate pentru fiecare sector, rezultând următoarele concluzii :

- în momentul punerii în circulație, drumurile cu sisteme rutiere nerigide aveau un indice de viabilitate egal cu 4,2 ;
- în momentul când indicele de viabilitate a devenit egal cu 2,5 s-a constatat necesitatea efectuării unor reparații ;
- pentru un indice de viabilitate egal cu 1,5 sistemul rutier a fost practic distrus.

2.1.2.1. Metoda Shook și Finn

Această metodă este bazată pe analiza aprofundată a rezultatelor experiențelor A.A.S.H.O. cu ajutorul metodelor statistice și ține seama și de rezultatele altor metode de dimensionare. Grosimile straturilor sistemului rutier se determină în funcție de traficul echivalent, factorul de grosime și indicele de portanță C.B.R. al terenului de fundație.

Pentru stabilirea traficului echivalent s-a ales ca încărcare de referință osia simplă de 18 kips (81,5 kN). Echivalența vehicu-

lelor cu sarcine pe osie L se face utilizând "factorul de încărcare" F_L dat de relație :

$$F_L = W_{18}/W_L \quad (3.7)$$

în care:

W_{18} este numărul de treceri ale osiei etalon de 81,5 kN într-o secțiune a drumului ;

W_L - numărul de treceri ale osiei de L (kN) în aceeași secțiune.

În fig. 3.4. este dat un grafic care permite obținerea rapidă a factorului de încărcare pentru diferite valori de încărcări pe osie [14].

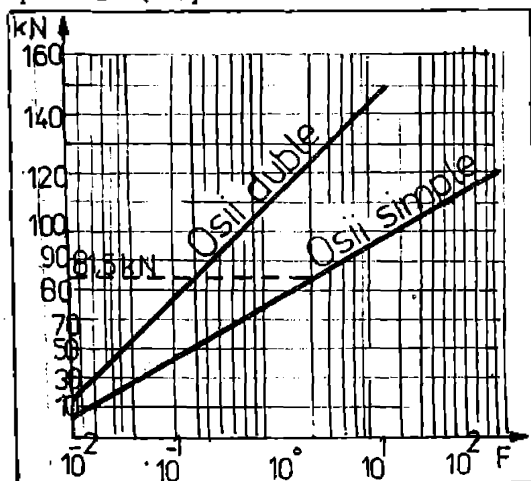


Fig.3.4. Grafic pentru determinarea factorului de încărcare.

Grosimea echivalentă (T) sau factorul de grosime se stabilește pe baza unei relații între grosimea îmbrăcămintei din beton asfaltic (D_1), grosimea stratului de bază (D_2) și grosimea stratului de fundație (D_3). Pentru expresia factorului de grosime s-a stabilit o formă liniară (3.9) care s-a dovedit a fi suficient de exactă.

$$T = a.D_1 + b.D_2 + c.D_3 \quad (\text{cm}) \quad (3.8)$$

Factorul de grosime se determină ca funcție de intensitatea traficului și sarcina pe osie :

$$T(L_1, D_2, L_3) = f(W, L) \quad (3.9)$$

A fost stabilită următoarea expresie pentru funcția $f(W, L)$:

$$T = -20,5 + 5,53 \log.W + 0,669.L_1 + 0,0933.L_2 \quad (3.10)$$

în care:

W este numărul de treceri ale osiei simple de L_1 kips ;

L_1 - sarcina pe osie simplă, în kips (1 kips = 4,54 kN) ;

$L_2 = 0$ pentru osii simple ; $L_2 = 1$ pentru osii duble.

Calculul practic se conduce astfel :

- se determină traficul echivalent W_{18} cu formula 3.7. sau

folosind abaca de echivalare din figura 3.4. ;

- cunoscând W_{18} și indicele de portanță G.B.R. al terenului de fundație, se determină factorul de grosime T , în cm ;

- se alege structura de alcătuire a sistemului rutier dintre combinațiile posibile pe care le dă formula 3.8.

2.1.2.2. Metoda Liddle

Această metodă de dimensionare a sistemelor rutiere ne-rigide introduce noțiunea de indice de grosime (SN), care, ca și grosimea echivalentă T , este o funcție liniară de grosimea straturilor constitutive ale sistemului rutier.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \quad (\text{pouces}) \quad (3.11)$$

în care:

D_1, D_2, D_3 sint grosimile îmbrăcămintei, stratului de bază și fundației în pouces (1 pouce = 2,53 mm) ;

a_1, a_2, a_3 - coeficienți care au valorile 0,44; 0,14; și 0,11.

Coeficienții de echivalare pentru determinarea traficului de calcul, depind de indicele de grosime SN și de indicele de vizibilitate ales ca indice final.

Liddle a introdus și un "factor regional" R care ține seama de influența anotimpurilor asupra stării terenului de fundație. Pentru definirea factorului regional se consideră un ciclu anual, pentru care numărul de treceri ale osiei de 81,5 kN este : n_1 în timpul perioadei de îngheț (iarnă), n_2 când terenul de fundație este uscat (vară și toamnă) și n_3 în timpul dezghețului când terenul este saturat (primăvara). Numărul de treceri pe an este N .

$$N = n_1 + n_2 + n_3 \quad (3.12)$$

Atribuind fiecărei valori n_i un coeficient ponderat sezonier v_i se obține :

$$W = v_1 n_1 + v_2 n_2 + v_3 n_3 = R \cdot N \quad (3.13)$$

În general, R (factor regional) trebuie să fie cuprins între 0,5...3,0. Aplicând factorul regional se poate determina traficul ponderat care trebuie luat în considerare pentru dimensionarea sistemului rutier (W_p).

$$W_p = R \cdot W \quad (3.14)$$

W fiind traficul real total exprimat în osii de 81,5 kN .

Relația dintre trafic, indicele de grosime și indicele de viabilitate considerată în această metodă, are forma [14]:

$$\log W = \log \beta + \frac{g}{\beta} \quad (3.15)$$

în care :

$$\beta = 0,40 + \frac{0,081(L_1+L_2)^{3,23}}{(SK+1)^{5,19} L_2^{3,23}} \quad (3.16)$$

$$\beta = \frac{10^{5,95}(SK+1)^{9,36} \cdot L_2^{4,33}}{(L_1+L_2)^{4,79}} \quad (3.17)$$

$$g = \log \frac{C_0 - p}{C_0 - C_1} \quad g = \log \frac{4,2 - p}{2,7} \quad (3.18)$$

Unde :

C_0 - este valoarea inițială a indicelui de viabilitate (4,2) ;

C_1 - valoarea indicelui de viabilitate al unui drum inutilizabil (1,5) ;

p - valoarea limită admisă pentru indicele de viabilitate;

L_1 - sarcina osiei de bază (18 kips = 81,5 kN) ;

$L_2 = 1$ pentru osie simplă și 2 pentru osie dublă.

Experiența a arătat că pentru $D_1 = 4,5$ pouce (11,4 cm), $SK = 1,98$ pouce (5,0 cm), traficul real este, la un indice de viabilitate $p = 2,5$ de 1 ooc treceri pe zi a osiei de 81,5 kN timp de 20 de ani, rezultând un trafic total $W = 7,3 \cdot 10^6$ treceri.

2.1.2.3. Metoda Asphalt Institute

Această metodă de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide ține seama de rezultatele încercărilor A.A.S.H.O., folosind și experiența acumulată din aplicarea fostelor metode de dimensionare proprii acestui institut.

Determinarea grosimilor structurilor sistemului rutier se face pe baza unui indice de trafic (D.T.N.) și a indicelui de portanță C.B.R. al terenului de fundare.

Indicele de trafic se calculează cu relația [14] :

$$\overline{D.T.N.} = T.F.c.p. \quad (3.19)$$

$$\overline{TF} = \sum (N_i \cdot F_{e1} / 1000) \quad (3.20)$$

în care:

$\overline{D.T.N}$ este indicele de trafic, reprezentînd numărul mediu zilnic de treceri în osii echivalente de 18 kips ;

\overline{TF} - factor de trafic obținut cu formula 3.2o ;

N_1 - numărul mediu zilnic de vehicule ;

F_{ei} - factorul de echivalare în vehicule cu sarcina pe osie de 81,5 kN;

c - coeficient de creștere a traficului ;

p - coeficient de repartiție a traficului pe benzile de circulație și care se consideră :

- pentru două benzi de circulație : $p = 0,5$;
- pentru patru benzi de circulație : $p = 0,45$;
- pentru șase benzi de circulație : $p = 0,40$.

În funcție de valoarea indicelui $\overline{D.T.N}$, traficul este împărțit în trei clase : ușor ($\overline{D.T.N} < 10$) ; mediu ($\overline{D.T.N} = 10 \dots 100$) și greu ($\overline{D.T.N} > 100$).

Folosind abaca din figura 3.5 se obține în funcție de indicele de trafic ($\overline{D.T.N}$) și de indicele de portanță C.B.R. grosimea totală (T_A) a unui strat din beton asfaltic echivalent cu sistemul rutier.

Pentru intersecție dreptei corespunzătoare cu linia A-A, se obține grosimea minimă necesară a îmbrăcămintei (T_B) din beton asfaltic care nu trebuie să fie sub limitele din tabelul 3.1.

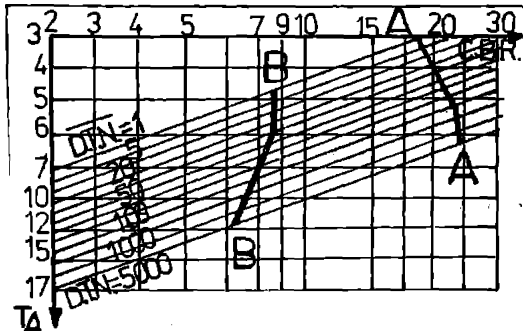


Fig.3.5. Abaca Asphalt Institute.

Tabelul 3.1

D.T.N.	Grosimile minime ale îmbrăcămintei în cm.
1...10	2,5
10...100	3,8
> 100	5,8

Intersecția cu linia B-B ne dă valoarea T_B reprezentînd grosimea totală a stratului de bază și îmbrăcămintei.

La stabilirea grosimilor straturilor s-au luat în considerare următorii coeficienți de echivalare între materialele care alcătuiesc straturile sistemului rutier :

- 2 între îmbrăcămintea din mixtură asfaltică și stratul de bază din materiale netratate cu lianți ;
- 2,7 între îmbrăcămintea din mixtură asfaltică și stratul de fundație.

Metoda Asphalt Institute poate fi utilizată și pentru dimensionarea sistemelor rutiere în vederea executării acestora în etape succesive.

2.1.2.4. Metoda Laboratorului Central de Poduri și Sosele (L.C.P.C) din Paris

Utilizând rezultatele încercărilor rutiere A.A.S.H.O. aducând o notă de originalitate prin încercarea de justificare a coeficienților de echivalare între straturi, prin aplicarea teoriei elasticității și prin luarea în considerare a straturilor din pământ stabilizat cu ciment, Laboratorul Central de Poduri și Sosele din Paris a elaborat o metodă proprie de dimensionare a sistemelor rutiere norigide.

Calculul de dimensionare se conduce în două faze :

- calculul grosimii totale echivalente a sistemului rutier;
- calculul grosimii diverselor straturi, pe baza unor prescripții generale în ce privește grosimile minime și recomandabile.

Pentru determinarea grosimii echivalente se calculează traficul echivalent în osii etalon de 130 kN pentru durata de exploatarea a drumului, cu relația :

$$T = \sum N_i \cdot F_{ei} \quad (3.21)$$

în care:

T este traficul echivalent în osii de 130 kN ;

N_i - numărul de treceri ale unei categorii de osii ;

F_{ei} - factor de echivalare al aceleiași categorii de osie.

Indicele de portanță C.B.R. al terenului de fundație se determină pentru o umiditate aproximativ egală cu cea pe care o va prezenta pământul pe șantier în momentul compactării și pentru un grad de compactare de 95 % (Froctor Modificat).

Cu ajutorul abacei din figura 3.6 se calculează grosimea echivalentă a sistemului rutier.

În figura 3.6 sînt delimitate un număr de zone, pentru care este recomandată o anumită grosime minimă pentru straturile de bază și îmbrăcăminte, în funcție de natură și calitatea stratului de bază.

Banda verticală hașurată din fig.3.6 corespunde unei zone de tranziție, între un trafic relativ ușor și un trafic greu. În această zonă se pot lua grosimile diferitelor straturi cu valori

intermediare între cele ale zonelor situate la dreapta și la stînga benzii hașurate.

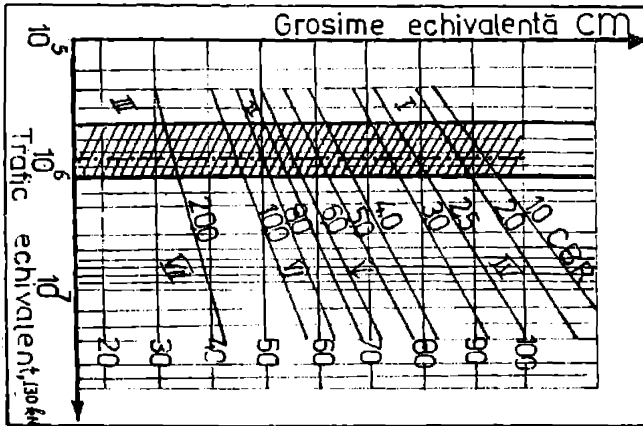


Fig. 3.6. Abace L.C.P.C. pentru calculul grosimii echivalente a sistemului rutier.

3.1.3. Metoda

Hveem

Metoda Hveem a precedat încercările A.A.S.H.O. și prezintă un caracter original prin faptul că ține seama, la stabilirea grosimii sistemului rutier, de calitatea pămîntului din patul drumului și a materialelor componente ale straturilor rutiere, luîndu-se în considerare

rigiditatea straturilor.

Capacitatea portantă a terenului de fundație este caracterizată printr-un "indice de rezistență" (R). Determinarea indicelui de rezistență se face cu aparatul denumit stabilometru, asemănător aparatelor triaxiale. Proba este supusă la compresie verticală, presiunea laterală transmitîndu-se, printr-o membrană de cauciuc, unui lichid, aflat în învelișul inelar al probei. Încărcarea se face cu o viteză constantă de 1,25 mm/min., pînă la stingerea unei presiuni verticale de 11,9 daN/cm² în cazul pămînturilor și materialelor granulare, și 21...28 daN/cm² în cazul materialelor stabilizate cu lianți. Valoarea încărcării maxime se consideră că reprezintă efectul cumulat al încărcărilor repetate din trafic. După stingerea încărcării maxime se măsoară deformația laterală L_z a probei.

Pentru definirea indicelui de rezistență, Hveem a propus o scară arbitrară de stabilitate, în care valoarea 0 corespunde unui lichid care nu are stabilitate măsurabilă cînd sarcinile sînt aplicate lent, iar valoarea 100 corespunde unui solid ipotetic, care nu transmite presiuni și deplasări laterale măsurabile.

Valoarea de calcul a indicelui de rezistență este dată pentru pămînturi și materiale granulare, de formula :

$$R = 100 - \frac{100}{\frac{2,5}{L_z} \left(\frac{F_V}{P_H} - 1 \right)} \quad (3.22)$$

în care:

F_V este presiunea verticală, în daN/cm² ;

p_h - presiunea orizontală, în dal/cm^2 .

Traficul este luat în considerare printr-un indice de trafic (TI) dat de relația :

$$TI = 1,30 (EWL)^{0,119} \quad (3.23)$$

$$EWL = \sum n_i \cdot e \cdot n \quad (3.24)$$

în care :

TI este indice de trafic ;

EWL - traficul echivalent (Equivalent Wheel Load) ;

n_i - numărul de treceri zilnice ;

e - indice de echivalare pentru trafic ;

n - perioada de perspectivă, în ani.

Dimensionarea sistemului rutier se efectuează cu formula:

$$H = \frac{0,07(TI) \cdot (100-R)}{C^{0,2}} \quad [\text{cm}] \quad (3.25)$$

C fiind coeziunea materialului constituent al sistemului rutier presupus unic, determinat cu coezimetrul Hveem.

Formula este transpusă într-o abacă (fig.3.7), în care diferitele scări au următoarea semnificație :

- scara E reprezintă indicele de rezistență R ;
- scara F cuprinde indicele de trafic TI ;
- scara G reprezintă grosimile echivalente în pietriș ;
- scara H introduce coeziunile reale ale materialelor din diverse straturi ;
- scara I cuprinde grosimile efective ale diferitelor straturi.

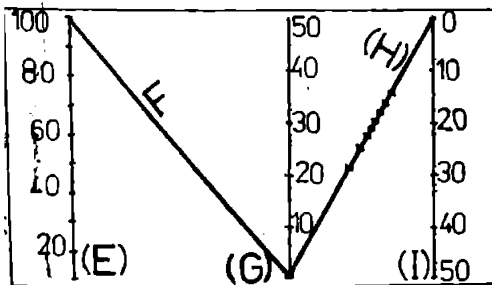


Fig.3.7. Abacă Hveem.

Grosimea echivalentă a fiecărui strat se determină plecând de la caracteristicile stratului imediat inferior (indicele de rezistență R). Ținând seama de coeziunea C a materialului din care este realizat fiecare strat, se obține grosimea reală a acestuia.

3.3.4. Metoda Jeuffroy-

Bachelez.

Numeroasele experimentări efectuate au condus la concluzia că există o bună concordanță între starea de eforturi și deformății a unui sistem rutier, calculată cu relațiile teoriei elasticității și starea de eforturi și deformății efectivă, atât în cazul încărcărilor statice cât și a celor de scurtă durată.

Metoda Jeuffroy-Bacheles este o metodă teoretică de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide care acceptă schema de calcul a sistemului tristrat [23].

Pentru calculul stării de eforturi și deformații în sistemele rutiere nu mai fost acceptate și alte scheme de către diferiți autori, cum ar fi :

- placă subțire, rezemată pe un teren considerat elastic, fără aderență între placă și acestă (Hogg) ;

- sistem bistrat, alcătuit dintr-o dală de grosime finită care se rezemă pe un solid elastic semi-infinit (Burmister). În această schemă, stratul superior este un solid elastic, eforturile și deformațiile la fața superioară, fiind diferite de cele de la fața inferioară. De asemenea se consideră că există o aderență perfectă între cele două straturi ;

- sistem quadristrat, alcătuit din trei straturi finite și unul semi-infinit, cu comportare elastică, cu frecere între ele.

Metoda teoretică Jeuffroy-Bacheles, bazată pe schema tristrat (fig.3.8), consideră următoarea alcătuire a sistemului rutier :

- îmbrăcăminte bituminoasă de grosime h și modul de elasticitate E ;

- restul sistemului rutier (strat de bază și de fundație de grosime h_1 și modul de elasticitate mediu E_1) ;

- teren de fundație, considerat ca un solid elastic semi-infinit cu modul de elasticitate E_2 .

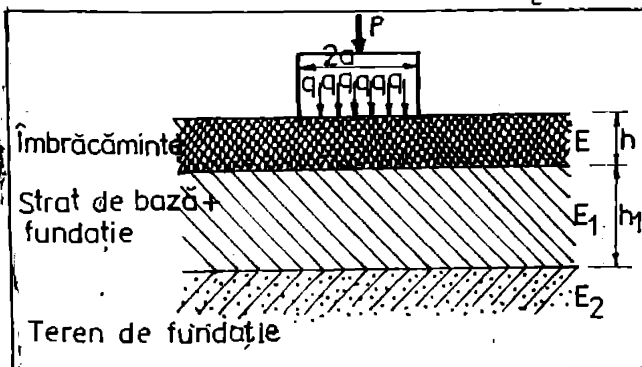


Fig.3.8. Schema de calcul sistem tristrat.

În calcule s-a considerat o placă subțire constituită din îmbrăcăminte (schema lui Hogg) care rezemă fără frecere pe un sistem bistrat alcătuit din restul sistemului rutier și terenul de fundare între care există o aderență perfectă (schema lui

Burmister).

Criteriile de dimensionare ale acestei metode sînt :

- criteriul deformației elastice limită ;

- criteriul alungirii limită la partea inferioară a îmbrăcămintei sistemului rutier ;

- criteriul presiunii admisibile pe terenul de fundație.
Rezultatele calculului sînt rezumate în 16 abace care

deau:

- valorile săgeților complexului rutier sub sarcină ;
- valorile eforturilor de întindere în îmbrăcămintă ;
- valorile presiunii pe terenul de fundație ;
- valorile săgeților în centrul unei perechi de roți.

Parametrii fundamentali care intervin în aceste abace sînt grosimea relativă a fundației (α), rigiditatea relativă a plăcii (β) și

$$\alpha = \frac{h_1}{a} \quad , \quad \beta = \frac{h}{a} \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{E \cdot B_1}} \quad ; \quad N = \frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2} \quad (3.26)$$

rigiditatea relativă a fundației față de terenul pe care rezază (N).

3.1.5. Metoda bazată pe criteriul deformației admisibile a îmbrăcămintei sub acțiunea traficului.

Metoda de calcul standardizată în R.S.R. este o adaptare a metodei profesorului Ivanov elaborată de Sciuzdomîi (URSS).

Înceastă metodă se bazează pe criteriul deformației admisibile sub acțiunea traficului. Se consideră drept deformație admisibilă, deformația maximă care se admite sub acțiunea încărcărilor astfel încît în îmbrăcămintea sistemului rutier să nu speră fișuri.

La dimensionarea sistemului rutier se iau în considerare următoarele elemente ale traficului [27] :

- traficul viitor probabil ;
- modul de repartizare a sarcinilor ;
- caracteristicile vehiculelor ;
- caracteristicile vehiculului etalon ;
- acțiunea sarcinilor repetate .

Capacitatea portantă a straturilor componente ale sistemului rutier se exprimă prin modulul de deformație liniară. Valorile de calcul ale modulilor de deformație liniară se dau în tabele.

În calcul se pornește de la relația liniară dintre eforturi și deformații, exprimată de legea lui Hooke. Astfel, într-un mediu omogen de grosime mare, de modul de deformație E_0 , tasarea unui strat elementar (Δt) de grosime dz , sub acțiunea unei în-

cărcări p , uniform repartizată pe un cerc cu diametrul d (fig. 3.9) va fi :

$$\Delta t = -\frac{1}{E_0} \sigma_z \cdot dz \quad [\text{cm}] \quad (3.27)$$

unde σ_z este efortul unitar de compresiune la adâncimea z în dal/cm^2 dat de formulă empirică Lornii :

$$\sigma_z = \frac{\alpha \cdot p}{1 + a \left(\frac{z}{d}\right)^2} \quad [\text{dal/cm}^2] \quad (3.28)$$

în care :

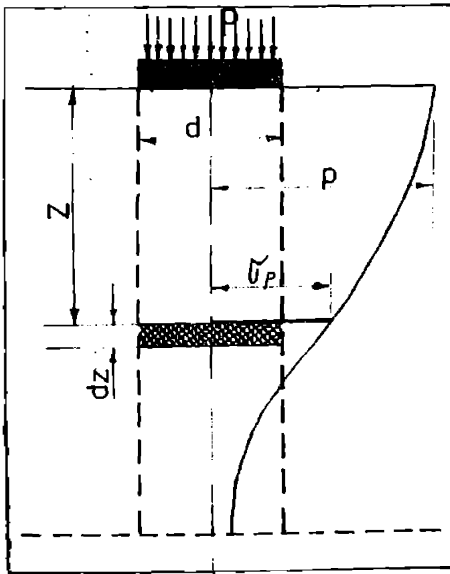
α este coeficient care caracterizează forma suprafeței pe care se transmite încărcarea exterioară ;

a - coeficient care caracterizează proprietățile mediului prin care se transmit eforturile și care depinde de concentrarea eforturilor sub urma roții.

Prin integrarea relației 3.27 se obține valoarea tasării:

$$t = \frac{p \cdot d}{E_0} \cdot \frac{\tilde{u}}{2} \quad [\text{cm}] \quad (3.29)$$

Introducând în formula 3.29 tasarea critică de calcul (t_c) și aplicând un coeficient de siguranță c și factorul de trafic k , se obține modulul de deformăție echivalent necesar al sistemului rutier :



$E_{\text{ech.nec}} = \frac{p \cdot d}{t_c} \cdot \frac{\tilde{u}}{2} \cdot k \cdot c \quad [\text{dal/cm}^2] \quad (3.30)$

$$k = a + b \log (\gamma \cdot N_p) \quad (3.31)$$

în care:

γ este un coeficient care ține seama de repetarea sarcinilor în funcție de lățimea părții osrosabile ;

N_p - intensitatea echivalentă a circulației ;

a, b - coeficienți determinați experimental ($a = 0,5$; $b = 0,65$).

În calcule deformăția critică se exprimă sub formă de deformăție

relativă admisibilă (λ);

$$\lambda = \frac{t_c}{d} \quad (3.32)$$

Formula 3.30 devine :

$$E_{\text{ech.nec}} = \frac{\tilde{\gamma}}{2} \cdot \frac{p}{\mathcal{K}} \text{ k.c.} \quad (3.33)$$

Intensitatea de calcul a circulației de perspectivă N_p , necesară pentru calculul factorului de trafic k se calculează pe baza traficului recenzat în anul de bază.

Echivalarea vehiculelor de diferite tipuri în autovehicule etalon A 13, se face pe baza principiului conform căruia două traficuri sînt echivalente dacă produc asupra unui sistem rutier aceeași deformație. În această ipoteză s-a obținut următoarea relație de echivalare (pentru două benzi de circulație) :

$$\log N_p = 0,77 (\eta - 1) + \eta \cdot \log N_1 \quad (3.34)$$

în care :

N_p este numărul de autovehicule etalon A 13 ;

N_1 - numărul de autovehicule de o anumită categorie ;

$$\eta = (P_1 \cdot d_1) / p \cdot d \quad (3.35)$$

Pentru determinarea grosimii diferitelor straturi ale sistemului rutier, se impune echivalarea sistemului rutier cu un mediu omogen și izotrop, de modul de deformație E_{ech} . Echivalarea se face pe baza unor ipoteze date de :

- condiția de rigiditate, care impune egalitatea rigidităților pentru ca două straturi să fie echivalente, adică acestea să dea aceeași repartiție a eforturilor în stratul inferior;
- condiția de deformabilitate, care exprimă egalitatea dintre tensiunea totală a două straturi și tensiunea stratului echivalent.

Pe baza acestor condiții s-au dedus următoarele relații de echivalare a straturilor rutiere :

$$E_{\text{ech}} = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\tilde{\gamma}} \left(1 - \frac{1}{n^{3,5}}\right) \operatorname{arctg} \frac{n \cdot h}{d}} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (3.36)$$

sau

$$E_{\text{ech}} = \frac{E_1}{n^{3,5} \left[1 - \frac{2}{\tilde{\gamma}} \left(1 - \frac{1}{n^{3,5}}\right) \operatorname{arctg} \frac{n \cdot h}{d}\right]} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (3.37)$$

în care :

E_0 este modulul de deformație al stratului suport semi-infinit ;

E_1 - modulul de deformare al stratului care se așchează;

E_{ech} - modulul de deformare echivalent al celor două straturi

$$n = \sqrt[2.5]{E_1/E_0} \quad (3.38)$$

Pentru verificarea unui sistem rutier existent se calculează modulul de deformare echivalent efectiv al sistemului rutier (E_{ech}) și modulul de deformare echivalent necesar ($E_{ech.nec}$). Din compararea lor, rezultă dacă este necesar sau nu ca sistemul rutier să fie reînfortat.

Dimensionarea unui sistem rutier nou constă în [24]:

- calculul modulului de deformare echivalent necesar ($E_{ech.nec}$);
- alegerea unui sistem rutier la care se impun grosimi constructive pentru toate straturile, în afară de unul;
- calculul grosimii necunoscute.

Grosimea sistemului rutier rezultată din calcul se compară cu cea rezultată din calculul sistemului rutier la acțiunea înghețului, alegându-se valoarea cea mai mare. Grosimea totală a sistemului rutier necesară pentru evitarea efectelor negative ale înghețului, se determină în funcție de adâncimea de pătrundere a înghețului și de condițiile hidrologice și de sensibilitatea la îngheț a pământului din patul drumului [27].

3.1.6. Metoda Kansas

Metoda Kansas este o metodă de dimensionare semiempirică și se bazează pe criteriul deformației admisibile a fundației, care se calculează cu formula [27]:

$$L = \frac{1,5 \cdot p \cdot a^2}{E_0 \cdot (a^2 + z^2)^{1/2}} \quad (3.39)$$

în care :

- p este presiunea pneurilor, în daN/cm^2 ;
- z - adâncimea la care se calculează tasarea, în cm ;
- E_0 - modulul de deformare al pământului, în daN/cm^2 ;
- a - raza cercului echivalent de contact între roată și îmbrăcămintă, în cm .

Pentru sistemele rutiere cu două straturi, în care E_1 este modulul de deformare al îmbrăcămintei, grosimea stratului

superior rezultă din condiția ca deformația fundației să fie egală cu deformația admisibilă (S_{ad}).

$$h = \sqrt{\frac{3P}{(2\pi \cdot E_p \cdot S_{ad})^2}} - a^2 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_0}} \quad [\text{cm}] \quad (3.40)$$

în care P este sarcina pe roată. ($P = a^2 \cdot \pi \cdot p$).

La asemenea se aplică un coeficient de corecție, n, în funcție de repetarea încărcărilor din trafic. Luând în considerare acești doi factori, relația 3.40 devine :

$$h = \sqrt{\frac{3P \cdot n}{(2\pi \cdot E_p \cdot S_{ad})^2}} - a^2 \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_0}} \quad [\text{cm}] \quad (3.41)$$

Metoda de dimensionare Kanssa ia în considerare efectul diferit de repartizare a sarcinilor în fiecare strat, caracterizat fiecare de un modul de deformație. Cu toate acestea se nu caracterizează în mod corespunzător starea de eforturi și deformații din sistemele rutiere, deoarece nu se ține seama de concentrarea eforturilor sub axa suprafeței de încărcare, de creșterea razei de încărcare cu adâncimea etc.

3.1.7. Catelog de structuri tip pentru drumuri publice

Metoda a fost întocmită pe baza cunoștințelor actuale de alcătuire rațională a acestor structuri, acumulate prin cercetările efectuate pînă în prezent în R.S.R.

Modul de alcătuire și grosimile structurilor rutiere au fost stabilite în funcție de următorii parametri [65] :

- clasa de trafic ;
- capacitatea portantă necesară a complexului rutier ;
- capacitatea portantă la nivelul patului drumului ;
- materialele locale preponderente ;
- caracteristicile fizico-mecanice și de deformabilitate ale materialelor de construcții rutiere și ale pămînturilor de fundație ;
- funcția drumului public în rețeaua rutieră și perspectivele de stragere în viitor a unui volum mai important de trafic.

În catalog s-au avut în vedere o clasificare a traficului în raport cu intensitatea circulației de vehicule grele, ca-

re constituie elementul determinant pentru dimensionarea sistemelor rutiere.

Clasa de trafic se determină pe baza intensității medii zilnice, anuală, a circulației pe drumul respectiv, exprimată în număr total de vehicule efective, pentru o perioadă de perspectivă de 15 ani.

Capacitatea portantă necesară a complexului rutier este exprimată prin valoarea modului de deformare echivalent neceser $E_{d.c.n.}$ determinată în funcție de intensitatea traficului de cel-cul (vezi formula 3.30).

Capacitatea portantă la nivelul patului drumului exprimată în modul de deformare echivalent (E_{dp}), se stabilește în funcție de tipul și modul de deformare (E_{do}) al pământului de fundație, pentru două cazuri: la drumuri noi, variante și lărgiri și la drumuri existente, nepietruite și la drumuri existente pietruite.

Pe baza rezultatelor analizelor de laborator asupra probelor de pământ se efectuează identificarea tipurilor de pământ ($P_1, P_2 \dots P_5$) în funcție de granulozitate și indicele de plasticitate.

Materialele pentru straturile structurilor tip se aleg pe baza examinării surselor locale de aprovizionare a materialelor și a stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ale acestora prin analize de laborator.

La alegerea structurilor rutiere se vor avea în vedere considerentele:

- funcția și importanța drumului public în rețeaua rutieră;
- perspectivele de a atrage în viitor volume mai mari de trafic sau de a prelua trafic suplimentar de vehicule grele datorită dezvoltării unor obiective economice care pot genera un asemenea trafic.

La utilizarea structurilor tip din catalog și la alegerea unui din tipurile de structuri se va ține seama de observațiile cuprinse în figura 3.10 cu privire la alte operații necesare stabilirii structurii de adoptat [6].

La baza dimensionării straturilor tip au stat principiile fundamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere, instrucțiunile tehnice de detaliu pentru aplicarea acestor principii și rezultatele cercetărilor efectuate ulterior întocmirii acestor instrucțiuni. Dimensionarea și alcătuirea structurilor rutiere au

foșt, de asemenea verificate prin alte metode de calcul.

foarte ușor			ușor		mediu		greu		foarte greu												
<50			50...150		150...700		700...2500		>2500												
300 350 400			450 500		550 600		650 700		750 800												
In regiuni cu balast	STRUCTURI TIP 1			STRUCTURI TIP 2		STRUCTURI TIP 3		STRUCTURI TIP 4													
	TIP 5																				
In reg. cu piatră și																					
	12 balast și nisip			2-38 piatră spartă		25-35 piatră amestec optimă		7-11 macadam		10-18 mac. cu tratament		12-20 balast amestecat cu ciment		7-16 anro-bat bit		3-5 b.a. deschis		3 covor asfaltic		2-4 beton asfaltic	

Fig. 3.10. Structuri tip de sisteme rutiere nerigide.

3.2. METODELE DE DIMENSIONARE A SISTEMELOR RUTIERE RIGIDE

Pentru un sistem rutier rigid, starea de eforturi sub încărcările exterioare se determină folosind teoria plăcilor elastice subțiri rezemate continuu pe un mediu omogen și liniar deformabil.

Studiul plăcii rezemate pe mediu elastic pornește de la ecuația cu derivate parțiale a lui Lagrange care se poate scrie sub forma (6):

$$L \Delta^2 w - kw = p(r) \quad (3.42)$$

în care:

Δ^2 este dublul leplăcierului;

w - deformația verticală a plăcii;

p(r) - funcția de distribuție a încărcării exterioare;

r - distanța față de axe încărcării;

L - rigiditatea plăcii;

$$D = Eh^3/12(1-\mu^2) \quad (3.43)$$

unde h este grosimea plăcii, E - modul de elasticitate al betonului și μ - coeficientul lui Poisson pentru beton.

Conform ipotezei Fuss-Winkler, potrivit căreia suportul plăcii este asimilat cu o serie de arcuri elastice independente, reacțiunea terenului q este considerată proporțională cu săgeata w , factorul de proporționalitate fiind modulul de reacție sau coeficientul patului $k(q=kw)$.

Coeficientul patului, care reprezintă reacțiunea fundației pe unitatea de suprafață pentru o tasare convențional admisă, se determină prin măsurători cu o placă metalică rigidă de forma circulară, având diametrul de 75 cm.

Raportul dat de presiunea corespunzătoare unei tasări admisibile sub placă de 1,27 mm definește valoarea lui k .


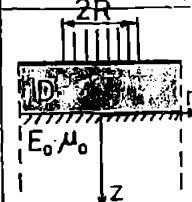
$$k = \frac{P}{0,127} \quad \text{dal./cm}^3 \quad (3.44)$$

Spre deosebire de Westergaard, care admite în studiul plăcii ipoteze de rezemare Winkler, Hogg consideră terenul de fundație pe care se așează placă ca un mediu liniar deformabil caracterizat prin modulul de elasticitate E_0 și coeficientul lui Poisson.

Cele două soluții sînt prezentate comparativ în tabelul

3.2.

Există un număr mare de metode pentru calculul plăcilor pe medii continue, bazate fie pe ipoteze Fuss-Winkler, fie pe ipoteze mediului liniar deformabil. La rîndul lor, metodele bazate pe ipoteze mediului liniar deformabil se deosebesc între ele, prin modul

Metoda	Schema de calcul	Ipoteza de rezemare	Condiții de marg.	Parametrul l
Westergaard		Winkler	Discontinuitate la interfață	$l = \sqrt{\frac{D}{k}}$
Hogg			Dis. la interfață	$l = \sqrt{\frac{2D(1-\nu_0^2)}{E_0}}$

cum se întocmește sistemul de ecuații și cum se rezolvă problemele contactului.

Un ajutor esențial în calculul plăcilor pe medii continue îl constituie tabele de calcul. Pînă nu de mult, existau tabele numai pentru metodele bazate pe ipoteze Fuss-Winkler. În ultimul timp au fost elaborate tabele ajutoare și pentru metode-

Tabelul 3.2.

le bazate pe ipoteza mediului liniar deformabil, care, din punct de vedere fizic, sînt cele mai apropiate de comportarea reală a pămîntului.

Practic, în cazul plăcilor, infinite, rezultatele obținute cu cele două categorii de metode sînt influențate în mod evident de valoarea constantelor fizice, care caracterizează comportarea dalei și mediului pe care reazemă. Le aceea se recomandă obținerea acestor valori prin încercări directe. Trebuie remarcat însă, că, determinarea modulu^l de elasticitate este o operație mai delicată decît măsurarea modulu^l de reacție [23].

În general, eforturile din placă se calculează cu metoda Westergaard, iar dimensionarea grosimii plăcii se face cu metoda rezistențelor admisibile și se verifică în plus cu metoda A.S.H.O., bazate pe rezultatele experimentale efectuate la scară naturală.

Solicitarea în dală produsă de două roți alăturate poate fi considerată egală cu solicitarea produsă de o încărcare echivalentă P_{ech} care acționează pe o roată unică în centrul de greutate al dispozitivului de roți. În principiu, încărcarea echivalentă pe roata unică este acea încărcare, care, pentru aceeași presiune de umflare, produce același moment încovoietor ca și ansamblul de roți așezate luat în considerare.

3.2.1. Calculul solicitărilor plăcii sub încărcările utile

3.2.1.1. Metoda Westergaard :

Soluțiile particulare ale ecuației 3.42 pentru cele trei cazuri diferite de încărcare au fost stabilite de Westergaard.

Pentru cazul încărcării uniforme repartizate pe o suprafață circulară, eforturile unitare de întindere din încovoiere se obțin cu relațiile [6] :

$$\sigma_1 = 0,275 \frac{P'}{h^2} (1 + \mu) \left(4 \lg \frac{l}{b} + 1,0699 \right) \quad (3.45)$$

$$\sigma_2 = 0,529 \frac{P'}{h^2} (1 + 0,54 \mu) \left(4 \lg \frac{l}{b} + 0,359 \right) \quad (3.46)$$

$$\sigma_3 = \frac{3P'}{h} \left[1 - \left(\frac{h\sqrt{2}}{l} \right)^{0,6} \right] \quad (3.47)$$

unde : $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ sînt eforturile unitare maxime de întindere din încovoiere în dală, produse de încărcarea exterioară cînd

aceasta acționează la centrul, respectiv pe marginea și pe colțul dalei ;

p' este încărcarea exterioară ; $p' = \psi \cdot P$;

l - raza rigidității relative sau lungimea elastică a dalei avînd expresia :

$$l = \sqrt[4]{\frac{D}{k}} = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}} \quad (3.48)$$

b - termen care înlocuiește în relația 3.46 și 3.47 valoarea razei suprafeței de încărcare R pentru a ține seama de efectul de repartizare de către dală a încărcării exterioare :

- pentru $R < 1,724 h$; $b = \sqrt{1,6R^2 + h^2} - 0,675 h$;

- pentru $R > 1,724 h$; $b = R$;

- pentru $h < 0,624 h$; $b = h [0,325 + 0,77 (\frac{R}{h})^2]$

Relațiile 3.45 și 3.46 constituie formulele de calcul inițiale stabilite de Westergaard.

Ulterior, pe baza unor studii experimentale ample, efectuate pe sectoare de drum cu îmbrăcămînți din beton de ciment în exploatare, în condițiile reale de trafic și climă, s-au propus de către diverși cercetători introducerea unor corecții în relațiile inițiale ale lui Westergaard astfel încît eforturile calculate să fie cît mai apropiate de cele care apar în realitate. (realitățile).

Realitățile inițiale Westergaard sînt astfel modificate:

$$C_1 = 0,31625 \frac{p'}{h^2} (4 \lg \frac{l}{b} + 1,1788) \quad (3.49)$$

$$C_2 = 0,57185 \frac{p'}{h^2} (4 \lg \frac{l}{b} + \lg b) \quad (3.50)$$

$$C_3 = \frac{3p'}{h^2} \left[1 - \left(\frac{R\sqrt{2}}{l} \right)^{1,2} \right] \quad (3.51)$$

Cercetări mai recente au dovedit că diferențele între relațiile modificate și cele inițiale variază cu grosimea dalei; pentru grosimile folosite în prezent la drumuri și piste de aviație, eforturile unitare reale se apropie de cele calculate cu relațiile inițiale.

3.2.3.2. Metoda Pikett și Rey

Pikett și Rey au întocmit suprafețe de influență ale momentelor încovoiătoare și a eforturilor în dală din beton de ciment sub

o încărcare situată la mijlocul, marginea sau colțul dalei. Cu ajutorul suprafețelor de influență se pot determina momentul încovoitor și săgeata în axa încărcării, precum și într-un punct situat la o anumită distanță față de axa încărcării [6].

Suprafețele de influență au fost întocmite pentru ipoteza de rezemare a dalei pe un mediu linier deformabil caracterizat de coeficientul patului, k .

Pentru cazul încărcării la mijlocul și marginea dalei au fost folosite relațiile stabilite de Westergaard. Pentru încărcarea la colțul dalei au fost stabilite relații semiempirice care țin seama de rezemarea parțială a dalei pe fundație și de modul de solidarizare al dalilor între ele .

Suprafața de contact între pneu și cale se determină cu următoarele relații :

$$L = P/p \quad ; \quad \ell_u = \sqrt{A/0,5227} \quad ; \quad \ell_e = 0,6 \ell_u \quad (3.52)$$

unde:

A - cota urii amprentei, în cm ;

P - încărcarea pe roată, în daN ;

p - presiunea pe suprafața de contact, în daN/cm² ;

ℓ_u - lungimea amprentei, în cm ;

ℓ_e - lățimea amprentei, în cm ;

Pentru a utiliza suprafețele de influență este necesar să se reprezinte amprenta încărcării la aceeași scară cu cea a suprafețelor de influență [34].

Dimensiunile pentru trasarea suprafeței de încărcare se determină pentru a corespunde rigidității relative cu care au fost calculate suprafețele de influență, $\ell^* = 25,4$ cm, cu expresiile :

$$\ell'_u = \ell_u \frac{\ell}{\ell^*} \quad ; \quad \ell'_e = \ell_e \frac{\ell}{\ell^*} \quad ; \quad (3.53)$$

Cu dimensiunile de trasare, astfel obținute, suprafața de încărcare se desenează la scară la care sînt prezentate suprafețele de influență determinată prin lungimea segmentului ce reprezintă valoarea razei de rigiditate $\ell^* = 25,4$ cm.

Suprafața de încărcare se transpune pe suprafața de influență astfel încît să acopere cît mai multe cîmpuri elementare.

Momentul încovoitor și săgeata, folosind principiul superpunerii efectelor, se determină cu relațiile :

$$M = p \ell'^2 \cdot N_{\alpha} / 10\ 000 \quad [\text{daN}\cdot\text{cm}] \quad (3.54)$$

$$W = 5 p \ell'^4 \cdot W_{\alpha} / 10\ 000 \quad [\text{cm}] \quad (3.55)$$

unde N_c este numărul de câmpuri elementare scoperte de suprafața de încărcare.

3.2.1.3. Metoda Ivanov

Această metodă transformă relațiile stabilite de Westergaard prin înlocuirea coeficientului patului k cu modulul de deformare liniară al pământului de fundație. Ținând seama de repertizarea încărcărilor în cazul dalei, valoarea modulului de deformare al suportului se amplifică de 2-3 ori față de sistemele nerigide [27].

Relația de transformare a fost obținută prin compararea expresiilor momentelor încovoietoare ale unei grinzi infinite așezate pe un mediu elastic și solicitată de o forță, concentrată, determinate atât după metoda Winkler cât și prin relațiile date de teoria elasticității [6].

Se constată că momentele coincid pentru :

$$k = \frac{0,65 \cdot E_0}{h} \sqrt[3]{E_0/E} \quad (3.56)$$

unde k este coeficientul patului ;

h - grosimea dalei ;

E_0 - modulul de deformare al pământului de fundație ;

E - modulul de elasticitate al betonului ;

Pe baza transformării a fost obținută relația pentru calculul eforturilor unitare de întindere din încovoiere de forme :

$$\sigma_1 = (\alpha_1 \cdot \Psi \cdot R / h^2) \quad (3.57)$$

unde: R este încărcarea maximă pe roată ;

Ψ - coeficientul de impact ;

α_1 - coeficient care depinde de poziția încărcării și de valorile raportelor E/E_0 și h/R .

3.2.1.4. Metoda Luhter

Această metodă se folosește în general pentru determinarea eforturilor care izu naștere în dale de beton sub acțiunea unor încărcări concentrate situate la o anumită distanță de punctul studiat (cazul roților și axiilor duble, cilindrii compresoare, trailere etc) [6].

Relațiile de calcul se bazează pe studiul acțiunii încărcării pe o dală infinită așezată pe o fundație elastică și se referă la determinarea momentelor încovoietoare pentru o unitate din lățimea

dalei pe direcția radială și tangențială sub acțiunea unei încărcări concentrate sau uniform distribuite pe un cerc și aflate la parte de marginile plăcii.

1. Pentru sarcină concentrată:

$$M_{\text{rad}} = (A + \mu B)P' \quad (3.58)$$

$$M_{\text{tang}} = (B + \mu A)P' \quad (3.59)$$

2. Pentru sarcină uniform distribuită pe un cerc de rază R:

$$M_{\text{rad}} = M_{\text{tang}} = \frac{CP(1+\mu)\psi}{2\pi aR} \quad (3.60)$$

În care: P' este încărcarea concentrată multiplicată cu coeficientul de impact. În cazul încărcării uniform distribuite:

$$P = \pi pR^2 \quad (3.61)$$

unde :

- A și B sînt coeficienți care depind de produsul aR ;
- C este un coeficient care depinde de produsul aR ;
- r - distanța dintre punctul de aplicare a încărcării și punctul în care se determină momentul ;
- a - rigiditatea dalei a cărei expresie este :

$$a = \frac{l}{h} \sqrt[3]{\frac{6 \cdot E_0}{E}} \quad (3.62)$$

unde : h este grosimea dalei în cm ; E_0 - modulul de deformație al stratului portant și E - modulul de elasticitate al betonului [6].

Eforturile unitare de întindere din încovoiere din beton pentru o placă cu lățimea de 1 m și grosimea h sînt date de :

$$\sigma_{\text{ef}} = \frac{6 \Sigma M}{h^2} \quad (3.63)$$

unde M reprezintă momentul încovoietor total datorită încărcărilor date.

3.2.2. Calculul solicitării plăcii la variații de temperatură.

Grosimea dalei, h se calculează și pentru solicitarea din variații de temperatură de scurtă durată care produce o diferență de temperatură (gradient) între fețele dalei [20].

La încălzirea feței superioare (în zile însorite) dala se curbează cu concavitatea în jos, iar la scăderea temperaturii feței superioare (în cursul nopții) dala se curbează cu concavitatea în sus.

Aceste tendințe de curbură sînt împiedecate de greutatea proprie a dalei, precum și de dalele învecinate, fapt pentru care

eforturile unitare de întindere apar în primul caz pe fața inferioară a dalei, iar în al doilea caz pe fața superioară [34].

Relațiile de calcul pentru determinarea eforturilor unitare de întindere din încovoiere date de variațiile de temperatură pe grosimea dalei au fost stabilite de Westergaard - pornind de la ecuația diferențială a plăcii - și simplificate de Bredbury [6].

Aceste relații sînt :

$$\sigma_t \text{ centru} = \frac{E \alpha \Delta t}{2} \cdot \frac{C_x + \mu C_y}{1 - \mu^2} \quad (3.64)$$

- pentru marginea dalei:

$$\sigma_t \text{ marg} = \frac{E \alpha' \Delta t}{2} \cdot C_x \quad (3.65)$$

- pentru colțul dalei:

$$\sigma_t \text{ colț} = \frac{E \alpha' \Delta t}{3(1 - \mu)} \cdot \sqrt{\frac{R \sqrt{2}}{l}} \quad (3.66)$$

unde: E este modulul de elasticitate al betonului ^{pentru} încărcării de lungă durată;

$\mu = 0,15$;

α' - coeficientul de dilatare liniară a betonului egal cu 10^{-5} ;

Δt - diferența de temperatură între fețele dalei.

C_x și C_y sînt coeficienții care depind de rapoartele L_x/l și L_y/l și care se determină practic din graficul dat în figura 3.11 (L_x este lungimea dalei dintre rosturile de încovoiere, iar L_y lățimea dalei în cm).

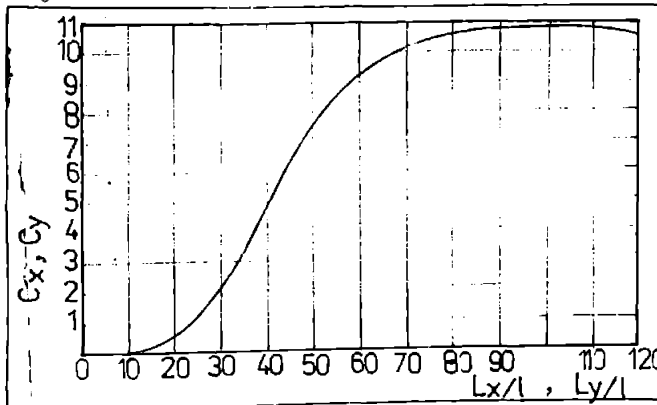


Fig.3.11. Homogramă pentru determinarea parametrilor C_x și C_y

3.2.3. Dimensionarea dalelor la solicitări combinate prin metode rezistențelor admisibile.

Dimensionarea dalelor din beton de ciment se face prin luarea în considerare a acțiunii simultane a solicitărilor din trafic și din variații de temperatură între

fața superioară și cea inferioară a dalei [27].

Ipotezele de solicitare combinată în care se face dimensionarea sînt :

a) acțiunea repetată a vehiculelor de calcul (etalon) A 13 și variațiile medii de temperatură pe grosimea dalei.

În acest caz trebuie îndeplinită condiție :

$$\sigma_{\max} = \sigma_u \cdot \alpha + \beta \cdot \gamma \cdot \sigma_t \leq R_{ti} \text{ adm} \quad (3.67)$$

în care: σ_u este efortul unitar de întindere din încovoiere ;

α - coeficient de conlucrare a dalelor la rosturi ;

β - factor de corelație care ține seama de reducerea eforturilor unitare de întindere din încovoiere datorită pretensionării longitudinale produse de variațiile lente de temperatură ;

γ - factor de corecție care ține seama de eforturile medii de temperatură la solicitări de lungă durată ;

σ_t - efortul unitar de întindere din încovoiere datorat variațiilor de temperatură pe grosimea dalei ;

$R_{ti} \text{ adm}$ - rezistența admisibilă la întindere din încovoiere ;

b) acțiunea unui vehicul greu izolat și variațiile maxime de temperatură pe grosimea dalei.

În acest caz trebuie îndeplinită condiție :

$$\sigma_{\max} = \sigma_u \cdot \alpha + \beta \cdot \gamma \cdot \sigma_t \leq R_{ti} \text{ adm} \quad (3.68)$$

parametrii de calcul cuprinși în relație 3.68 au aceeași semnificație ca și în relație 3.67 cu următoarele deosebiri :

σ_u este efortul unitar de întindere pentru vehiculul greu considerat în calculul (reprezentînd minimum 5 % din numărul vehiculelor etalon) ;

$\gamma = 1$ pentru solicitarea maximă de temperatură ;

$\alpha = 0,9$ pentru această ipoteză de calcul.

Pentru ca în cele două ipoteze de calcul, solicitările luate în considerare - din trafic și variații de temperatură - să se suprapună prin cumulare, trebuie ca partea întinsă pentru ambele solicitări să fie situată pe aceeași față a dalei [6].

3.2.4. Calculul stratului de fundație din beton

Sistemele rutiere destinate unui trafic greu și intens, în special cele utilizate pe drumurile urbane, au deseori fundație din beton de ciment.

Pentru dimensionarea fundațiilor din beton de ciment se poate folosi oricare metodă de calcul utilizată pentru îmbrăcămințile rigide. Mai frecvent se utilizează metode Ivenov sau metode Sehter.

În metode Ivenov pornind de la relația 3.57 se determină grosimea dalei cu expresia :

$$h = \sqrt{\frac{\alpha_1 \cdot \psi \cdot P}{R_{ti} \text{ adm}}} \quad (3.69)$$

Pentru dimensionare se alege inițial o grosime arbitrară a fundației h și cu ajutorul rapoartelor h/R și E/E_0 se determină valorile coeficienților α_1 .

Intrucât coeficientul α_1 este funcție de grosimea h , calculul se face iterativ, pînă cînd valoarea grosimii fundației obținută prin calcul este aproximativ egală cu valoarea aleasă.

Acest calcul se face separat pentru fiecare poziție a încărcării obținîndu-se trei valori distincte pentru grosimea fundației. Se adoptă valoarea cea mai mare.

În metode Sehter, grosimea stratului de fundație este determinată de relația :

$$h = \sqrt{\frac{6M}{R_{ti} \text{ adm}}} \quad (3.70)$$

unde M reprezintă momentul încovoitor total radial sau tangențial datorită încărcărilor date și calculează după caz cu relațiile 3.59 sau 3.60.

Deoarece momentul încovoitor M este funcție de rigiditatea dalei și deci de grosimea dalei, dimensionarea se face prin metode iterative [6].

3.2.5. Verificarea grosimii dalelor după metode experimentale A.A.S.H.O.

Metoda are un caracter empiric și se bazează pe interpretarea statistică a rezultatelor măsurării efectului asupra dalelor din beton de ciment în cadrul programului experimental A.A.S.H.O. corelează grosimea dalei cu numărul de treceri al autovehiculelor, pe baza variației indicelui de vizibilitate ($\bar{I.V.}$), care exprimă caracteristicile de suprafață a sistemului rutier și reprezintă în esență variația comportării sub trafic a sistemului rutier. Indicele de vizibilitate este dat de relația empirică, stabilită pe bază de măsurători și studii statistice de formă [28].

$$\bar{I.V.} = 5,41 - 1,8 \lg(1+SV) - 0,09 \sqrt{C+p} \quad (3.71)$$

unde SV este variația medie de pantă (iregularitățile) sau mai exact dispersia declivităților locale în profil longitudinal măsurate în axa fișiei pe care au circulat roțile autovehiculelor, cu ajutorul profilometrului și este dată de :

$$SV = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i^2 - 1/n \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i \right)^2}{n-1} \quad (3.72)$$

Modulul general utilizat pentru reprezentarea comportării sistemului rutier este de forma :

$$\overline{I.V.} = \overline{I.V.}_0 - (\overline{I.V.}_0 - \overline{I.V.}_1) \left(\frac{W}{S} \right)^\beta \quad (3.73)$$

în care : $\overline{I.V.}$ este indicele de viabilitate după ^{treceeri} W ale osii de referință ;

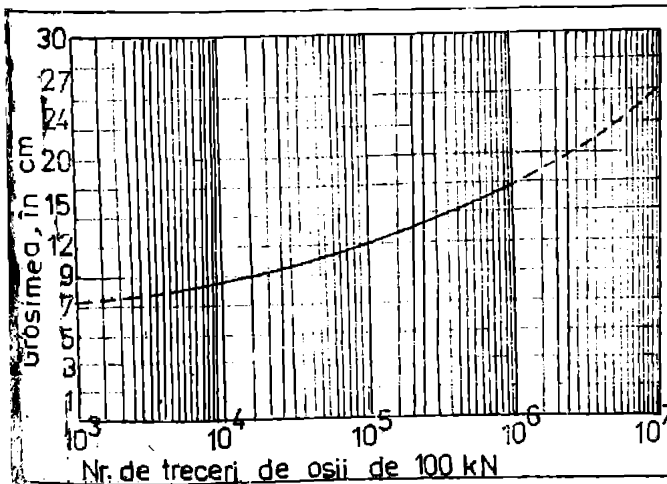
$\overline{I.V.}_0$ - indicele de viabilitate pentru stadiul inițial (4.5) ;

$\overline{I.V.}_1$ - indicele de viabilitate pentru starea finală a îmbrăcămintei ;

W - numărul de osii de greutate dată care au trecut pe drum până în momentul când este atins indicele de viabilitate $\overline{I.V.}_1$.

$$\beta = 1 + \frac{3,63 \cdot (L_1 + L_2)^{5,20}}{(D+1)^{8,46} \cdot L_2^{3,52}} \quad (2.74)$$

$$S = \frac{10(D+1)^{7,35} \cdot L_2^{3,28}}{(L_1 + L_2)^{4,62}} \quad (2.75)$$



în care : L_1 este greutatea pe osie, în mii de livre (1 000 livre = 153 dal) ;

$L_2 = 1$ pentru vehicule cu osii simple și $L_2=2$, pentru vehicule cu osii duble .

D este grosimea delei în țoli.

Curbe reprezentând relația dintre grosimea delei și numărul de treceri de osii cu greutatea

Fig. 3.12. Numărul de treceri de osii de 100 kN. Diagrama A.A.S.H.O.

de 100 km pînă la atingerea unui indice de vizibilitate $\overline{IV} = 25$ este dată în fig.3.12.

Se consideră că efectul solicitărilor din variațiile de temperatură este cuprins în diagramele de dimensionare [6].

3.3. TENDINȚA KCI ÎN PROIECTAREA SISTEMELOR RUTIERE

Cînd a început cercetarea rutieră sistematică în Europa și America în perioade de după război, erau disponibile puține informații despre proprietățile fizice ale materialelor rutiere și ale fundațiilor, proprietăți care determină comportarea structurilor rutiere. Erau totuși suficiente informații pentru a indica faptul că perfecționarea unui procedeu de proiectare analitic, bazat pe comportarea sistemelor rutiere la solicitare, ve fi un proces complex și de durată.

Recunoașterea dificultăților a dus la adoptarea unei prime abordări empirice, bazate direct pe rezultatele unui număr de experimente rutiere, executate mai ales între 1950-1970.

În anii '70 traficul real pentru autostrăzi și drumurile cu trafic intens a crescut mai repede decît cel de pe drumurile aflate sub observație. Erau deci necesare metode noi de proiectare a sistemelor rutiere pentru trafic foarte greu. Era de asemenea necesară facilitatea unei introduceri rapide a unor materiale noi și îmbunătățite și a unor metode de reforțare.

3.3.1. Tendință nouă în Marea Britanie (TRL, Growthore)

De la apariția ediției a 3-a a lucrării Road Note, publicată în 1970, au fost obținute informații suplimentare asupra comportării structurilor rutiere, iar cercetările asupra materialelor și modelelor de comportare au evaluat mult. Aceste cercetări au fost utilizate la dezvoltarea unor noi metode de proiectare structurală a îmbrăcămintelor bituminoase.

N.W.Lister arată evoluția unei metode de proiectare bazată pe acumularea unei mari cantități de informații despre comportarea structurilor rutiere, disponibile în prezent. Au fost realizate proiecte standard pentru fiecare tip de șosea de bază, proiecte care au fost apoi interpretate ca structuri elastice multietaj, pentru a îmbunătăți criteriile de proiectare probabilistice.

În metode de proiectare, variabilitatea și factorul de nesigurantă sînt reflectate în durata de exploatare proiectate, exprimate în termeni probabilistici în corelație cu strategia de reforțare.

Condițiilor critice de lucru ale sistemului rutier marchează momentul când aplicarea unei îmbrăcămîți bituminoase trebuie să ducă la menținerea calității structurale inițiale și la mărirea duratei de exploatare. Duratele de exploatare, pot fi prognozate prin măsurarea deflexiunii. Această a dus la strategia de întreținere prin aplicarea preventivă a unui strat de uzură [67].

Valoarea indicelui CBR a fost utilizată pentru a caracteriza rezistența fundației. În ciuda unei precizii relative, indicele a fost acceptat și prezintă avantajul de a putea fi corelat în limite rezonabile cu rigiditatea fundației, care este necesară în calculele analitice.

Valoarea indicelui CBR a unui pământ este dependentă de structura acestuia, care poate fi foarte variată. Pământurile care au devenit umede în timpul construcției vor rămîne mai umede și deci mai slabe decît pământurile care au fost păstrate relativ uscate ; efectul este deosebit de evident la pământurile cu plasticitate medie și redusă (fig.3.13). Valorile rigidității

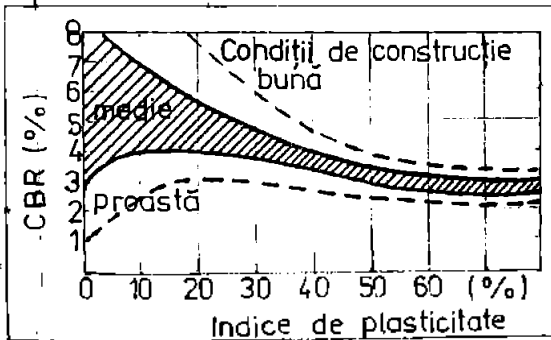


Fig.3.13. Valerile CBR pentru condiții de construcții slabe, medii și bune.

pământurilor pentru proiectare elastică au fost determinate prin măsurarea propagării extensive a undei în fundații cu un indice CBR cunoscut. După toleranța datorată diferențelor nivelurilor de solicitare implicate, rigiditatea pământului (E) este dată de :

$$E = 17,6(CBR^{0,64}) \quad (3.76)$$

Grosimea necesară a materialului granular pentru a satisface aceste necesități a fost stabilită prin două metode diferite. Rezultatele unui program de încărcare extensivă, la scară naturală executat de Webster și Alford (1978) au fost acceptate, corespunzător unui strat de fundație granular de bună calitate. A doua problemă a fost proiectarea grosimii stratului de fundație astfel încît să se evite suprasolicitarea pământului, utilizînd calculul în domeniul elastic [60].

Pentru un pământ cu indice CBR sub 5 % se aplică de obicei un strat de formă din materiale granulare ieftine. El este proiectat pentru a proteja pământul de efectele apei și pentru a furni-

ze o platformă de lucru pe care construirea stratului de fundație poate fi executată fără întreruperi din cauza vremii umede.

De asemenea, stratul de formă permite realizarea distribuției complete a solicitării în stratul de fundație, fapt imposibil decât acesta ar fi executat peste un pământ slab.

Curbele de proiectare pentru fiecare tip de strat de bază și schema de rezultatele obținute pe 40 sectoare experimentale. Duratele de exploatare ale sectoarelor au fost estimate după ritmul de evoluție a deformațiilor și de formare a fisurilor și fâgășilor. Pentru construcție stratului de bază se folosesc următoarele materiale :

- strat de bază din macadam penetrat cu bitum ;
- strat de bază din mixtură asfaltică.

În fig.3.14 se prezintă legătura între grosimea stratului de bază din macadam penetrat cu bitum și traficul cumulat. Rezultatele corănd unui pământ cu 5 % CBR și o grosime a stratului de fundație de 225 mm. Rezultatele arată o dispersie ridicată, inerentă comportării sistemelor rutiere și indică necesitatea adoptării unei abordări probabilistice, în vederea proiectării unui sistem rutier similar.

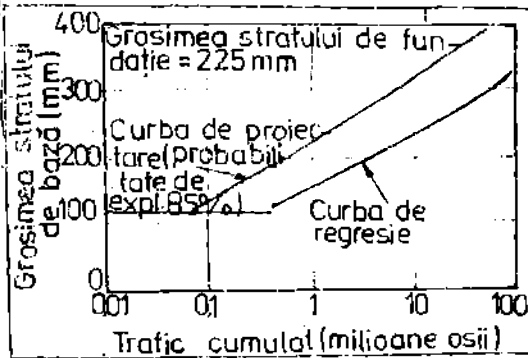


Fig.3.14. Curbele de proiectare pentru sisteme rutiere cu strat de bază din macadam penetrat cu bitum.

Fig.3.15. arată efectul CBR asupra grosimii straturilor proiectate. La asemenea sînt prezentate curbele proiectare pentru o probabilitate redusă (50 %) de stingere a duratei de exploatare prognozate.

Comportarea sectoarelor experimentale care conțin straturi de bază executate la rece și îmbrăcăminte din beton asfaltic, a fost analizată sub aspectul adîncimii fâgășilor și a deflexiunii. Curbele de proiectare standard din figure 3.16 sînt valabile pentru un indice CBR proiectat de 5 % și o grosime a stratului de fundație de 225 mm și se pot aplica la toate tipurile de agregate utilizate în mod curent.

Curbele grosime-traffic cumulat stau la baza noului Standard de Proiectare al Departamentului Transporturilor care va furniza proiecte pentru rețeaua de drumuri principale din Marea Britanie.

Curbele grosime-traffic cumulat stau la baza noului Standard de Proiectare al Departamentului Transporturilor care va furniza proiecte pentru rețeaua de drumuri principale din Marea Britanie.

Curbele grosime-traffic cumulat stau la baza noului Standard de Proiectare al Departamentului Transporturilor care va furniza proiecte pentru rețeaua de drumuri principale din Marea Britanie.

Straturile de formă sub o fundație standard sînt prevăzute pentru toate drumurile care au un pămînt în petul drumului mai slab de 5 % CBR [(7)].

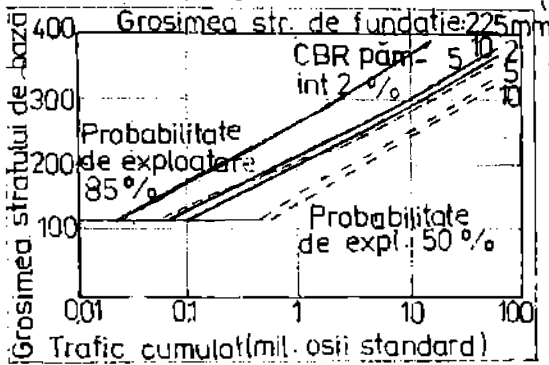


Fig. 3.15. Curbele de proiectare pentru sistemul rutier cu strat de bază din macadam penetrat cu bitum, indice CBR al fundației variabil și probabilitate de a atinge durata de exploatare propusă.

este utilizată ca sarcină standard de proiectare. Toate materialele sînt caracterizate prin modulul de elasticitate și coeficientul lui Poisson. În plus,

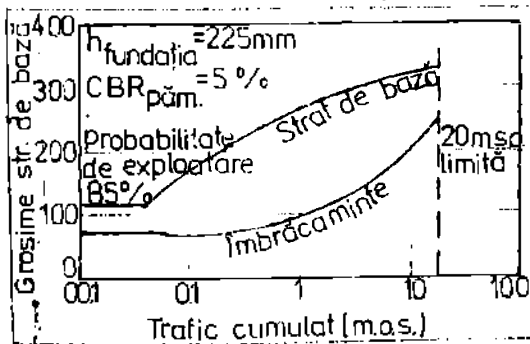


Fig. 3.16. Curba de proiectare pentru sistemul rutier cu strat de bază din beton asfaltic la rece.

- eforturile unitare de întindere orientate sămîne la baza îmbrăcămintei bituminoase și a stratului de bază semimieloidic ;
- eforturile unitare de forfecare adăise la suprafața îmbrăcămintei bituminoase.

Formulaele fundamentale utilizate sînt următoarele :

3.3.2. Tendințe noi în China (Tonyji University)

Structura sistemului rutier este văzută ca un sistem elastic liniar cu trei straturi, compus din îmbrăcăminte, strat de bază și de fundație. Pentru sistemele multistrat a fost introdusă o metodă de echivalare a grosimilor. Sarcinile care acționează orizontal sau/și vertical asupra îmbrăcămintei sînt evaluate ca uniform distribuite pe două suprafețe circulare. O sarcină de 100 kN pe osie simplă

este utilizată ca sarcină standard de proiectare. Toate materialele sînt caracterizate prin modulul de elasticitate și coeficientul lui Poisson. În plus, natura visco-elastică și elastică neliniară a materialelor este luată în considerare prin utilizarea unor parametri ai materialului care să corespundă temperaturilor și timpilor de încălzire [(67)].

Criteriile de proiectare adoptate pentru această metodă sînt :

- sursele de deformare ale îmbrăcămintei ;

$$(1,19/l_0^2) \cdot l_0 \cdot A_1 = l_R \geq l_S = (2P \cdot S / E_1) \cdot \alpha \cdot F \quad (3.77)$$

$$\bar{\sigma}_m / K_1 = \bar{\sigma}_R \geq \sigma_m = P \cdot \bar{\sigma}_m \quad (3.78)$$

$$\bar{\tau} / K_2 = \bar{\tau}_R \geq \tau_m = \bar{\tau}_m \cdot \cos \vartheta = p \cdot \bar{\tau}_m \cdot \cos \vartheta \quad (3.79)$$

în care :

l_S este deflexiunea măsurată în centrul de simetrie ;
 $\bar{\sigma}_m, \bar{\tau}_m$ sînt eforturile unitare de încovoiere și eforturile unitare de forfecare ;

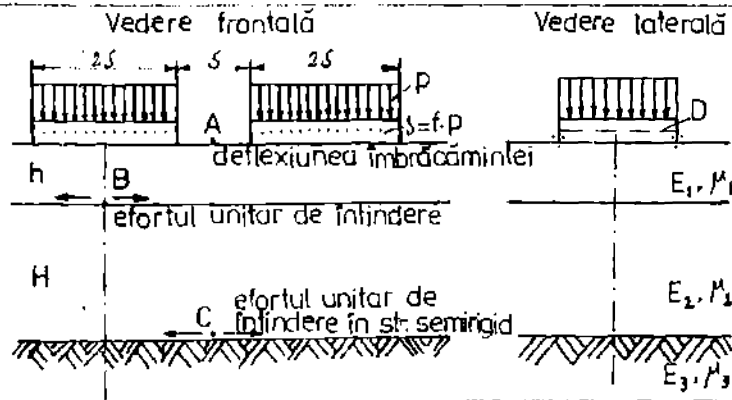
$\bar{\sigma}_m, \bar{\tau}_m$ — coeficienții de deflexiune și coeficient de forfecare ;

$l_R, \bar{\sigma}_R, \bar{\tau}_R$ — deflexiunea elastică admisibilă, eforturile unitare de încovoiere admisibile și eforturile unitare de forfecare admisibile.

Pe baza tipurilor de defecțiuni ale îmbrăcămintei sistemului rutier de determinare a parametrilor materialelor, criteriile de proiectare adoptate de această metodă sînt analizate în ceea ce urmează.

Pentru prevenirea unor defecțiuni ca tasări, fisuri, ca rezultat al rezistenței insuficiente a îmbrăcămintei, deflexiunea elastică admisă trebuie să fie mai mare decît valorile deflexiunii reale, adică $l_R \geq l_S$ (fig.3.17).

În scopul prevenirii fisurilor de oboseală în straturile bituminoase și în stratul de bază semirigid, criteriul adoptat este efortul unitar de încovoiere orizontal admis ($\bar{\sigma}_R$) la baza



îmbrăcămintei bituminoase și a stratului de bază semirigid sub sarcini verticale.

Între numărul de repetări ale deflexiunii cauzate de sarcina de proiectare standard și deflexiunea

Fig.3.17. Structura sistemului rutier cu criteriile de proiectare.

elastică admisă a suprafeței de rulare (l_R) în cazul diferitelor clase de drumuri și tipuri de îmbrăcăminți, au fost obținute

prin analize regresive, relații bazate pe datele obținute din investigațiile in situ pe drumuri și autostrăzi și din ecuațiile de bază ale testului rutier AASHO.

Sistemul multistrat poate fi transformat într-un sistem cu trei straturi după cum se arată în fig.3.18.

Efortul unitar de forfecare maxim și eforturile unitare de încov. maxime se calculează utilizând următoarea formulă :

$$H = h_2 + h_3 \sqrt[2,4]{E_3/E_2} + h_4 \sqrt[2,4]{E_4/E_2} + \dots + h_{n-1} \sqrt[2,4]{E_{n-1}/E_2} = h_2 + \sum_{i=3}^{n+1} h_i \sqrt[2,4]{E_i/E_2} \quad (3.80)$$

Efortul unitar de încovoiere la baza oricărui strat se calculează cu următoarea formulă (stratul luat în calcul este stratul

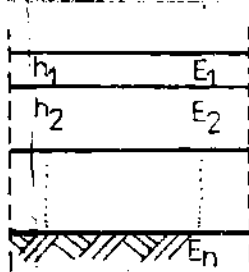


Fig. 3.18.

n-1 sau n-2, ca în fig.3.19).

$$h = h_1 \sqrt[4]{E_1/E_{n-2}} + h_2 \sqrt[4]{E_2/E_{n-2}} + \dots + h_{n-3} \sqrt[4]{E_{n-3}/E_{n-2}} + h_{n-2} = \sum_{i=1}^{n-3} h_i \sqrt[4]{E_i/E_{n-2}} + h_{n-2} \quad (3.81)$$

În acest caz, stratul n-1 este cel luat în calcul iar stratul n-2 este stratul învecinat. Din contră, dacă stratul n-2 este

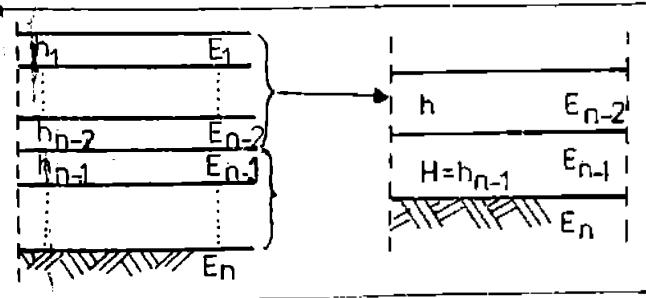


Fig. 3.19.

cel luat în calcul, stratul n-1 este cel învecinat.

Efortul unitar de încovoiere la baza oricărui strat se calculează cu formula (stratul luat în calcul este alt strat decât n-1 și n-2, ca în fig.

3.20.

$$H = h_1 \sqrt[4]{E_1/E_1} + h_2 \sqrt[4]{E_2/E_1} + \dots + h_{i-1} \sqrt[4]{E_{i-1}/E_1} + h_i \dots \quad (3.82)$$

$$H = h_{i+1} + h_{i+2} \sqrt[0,9]{h_{i+2}/E_{i+1} + \dots + h_{n-1}} \sqrt[0,9]{E_{n-1}/E_{i+1}} \quad (3.83)$$

Din aceste date au fost elaborate nomograme pentru proiectarea și analiză. Aceste nomograme includ cifra coeficienților la suprafața stratului superior pentru sisteme continue cu trei straturi ; cifra coeficientului $\bar{\sigma}_m$ la baza straturilor superioare și de mijloc pentru sisteme cu trei straturi continue sau necontinue [62].

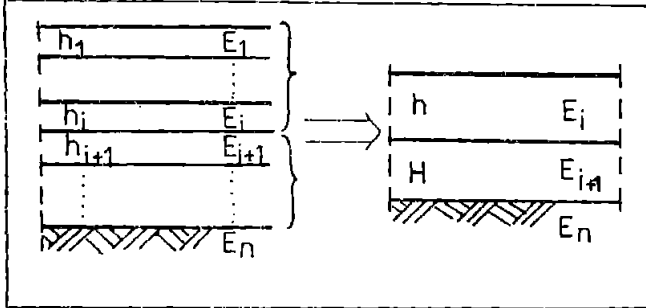


Fig. 3.20.

3.3.1. Tendința nouă în U.S.A. (metoda A.A.S.H.O.)

Experiența dobândită din încercările rutiere One - EB și WASHO a determinat pe constructorii americani de drumuri să construiască o nouă pistă de încercări. Astfel au fost luate în considerare următoarele: mare de secționare de încercare cu straturi diferite, pe care urma să se desfășoare un trafic controlat ale cărui efecte asupra straturilor urma să fie studiat.

Traficul pe aceste piste s-a desfășurat timp de 10 ore pe zi, din noiembrie 1958 și până la sfârșitul anului 1979 (viteza medie a autoturismelor a fost de 56 km/h) [64].

Am fost urmărite și înregistrate defecțiunile și fenomenele apărute : microfisuri, fisuri, fâșețe, fenomenul de pompage, defecțiuni în profilul transversal și longitudinal, temperatură și eforturi unitare etc.

Problema cea mai greu pusă specialiștilor a fost determinarea celor mai adecvate funcții, care pot interpreta cel mai bine nomogramele obținute. Funcția aleasă de testul A.A.S.H.O., $P = f(L, D, D_1)$, este :

$$P = P_0 (10 - 10c) \left(\frac{W}{q} \right)^B \quad (3.84)$$

în care:

P_0 este indice de vizibilitate al drumului nou ;

P_c - indice de vizibilitate al drumului cu dată de exploatare expirată ;

a, b sînt funcții ale lui D, D_1 și L_1 ($i=1, 2, 3$).

Urmărirea unui sector este stabilită să aibă loc după depășirea valorii $P_c=1,5$. Ținând seama de relația 3.84 vom obține pentru :

- sisteme rutiere elastice

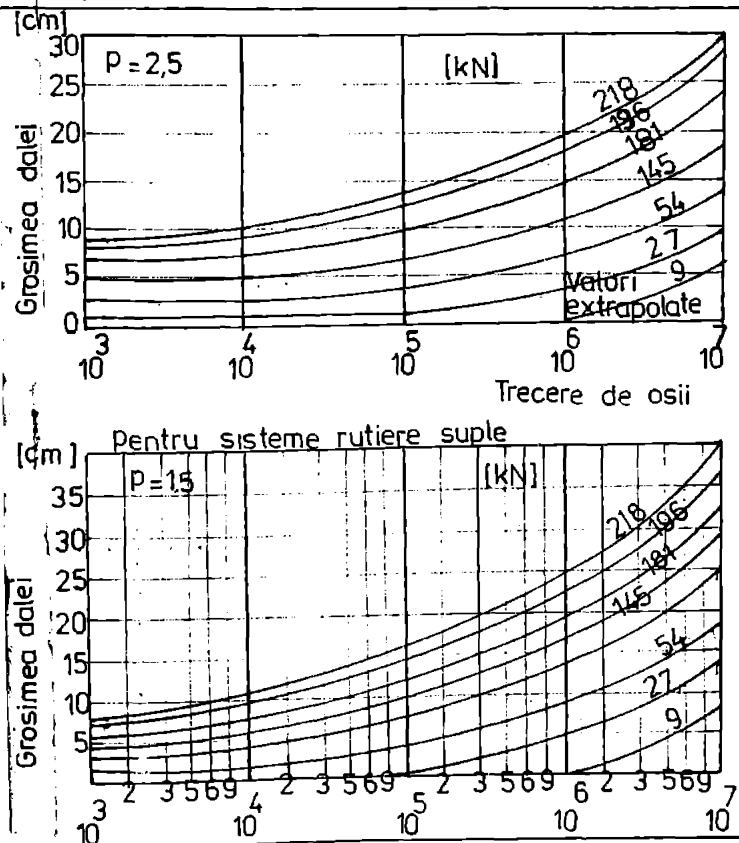
$$P = 4,2 - 2,7 \left(\frac{W}{q} \right) \quad (3.85)$$

- pentru sisteme rutiere rigide

$$P = 4,5 - 3,0 \left(\frac{W}{q} \right) \quad (3.86)$$

Din nomograme se poate observa interdependența dintre două încărcări pe osie și modul de dispunere al osiilor. Pe durata încercărilor a cedat un procent de 70 % din îmbrăcămintile suple, pentru indice de viabilitate $P_0 \gg P \gg P_c$ și doar 30 % din îmbrăcămintile din beton de ciment.

Cedarea sistemelor rutiere cu îmbrăcăminti din beton, corespunzător modificării indicelui de viabilitate influențează coeficienții din interpretarea statistică a măsurărilor (funcțiunile β și q) și dispunerea curbelor în fig.3.21.



Ecoul mare pe care l-a avut în lumea testul A.A.S.H.O. e determinat pe specialiștii din S.U.A. și din lume să continue încercările începute. Cu ajutorul specialiștilor urma să se răspundă la întrebarea : Cum poate fi adoptat Road Testul A.A.S.H.O. în lume și care sînt posibilitățile de completare (înregistrare) a ecuațiilor obținute ?

Fig.3.21. Răspunsuri la testul A.A.S.H.O.

Testul A.A.S.H.O., e răspuns la un număr mare de întrebări și a încercat să răspundă la unele întrebări noi.

Problemele unei investigații optimele a drumului, este o problemă care preocupă pe specialiștii din toată lumea.

Acestea sînt cauzele care au determinat pe specialiștii din S.U.A. să creeze un program de urmărire prin satelit a drumurilor, program care urma să completeze fericit căuceririle de pînă atunci ale Road Test A.A.S.H.O.

Programul satelit urma să răspundă la unele probleme cum ar fi : comportarea stratului de fundație, influența agenților climaterici, probleme de trafic.

Programele au fost întocmite de către Highway Reserach Board în anul 1964, acest comitet urma să conceapă un program unitar care să folosească ca model egalitățile și funcțiunile din Road Testul A.A.S.H.O. [58].

Ecuația 3.85 se transformă în :

$$P = P_0 \cdot L^{-1/4} \left[\sum W / (RS)^4 \cdot L^B \right]^6 \quad (3.87)$$

în care:

- W este numărul osiilor echivalente ;
- RS - factor echivalent (RS=1) pentru Road Testul AASHO ;
- b=1 sisteme simple și b=2 pentru sisteme rigide ;
- L - factor de dispunere a straturilor ;

$$L = a_1 r_1 h_1 + a_2 r_2 h_2 + a_3 r_3 h_3 + r_4 \quad (3.88)$$

unde h este grosimea (cm) a stratului de fundație și stratului antigel.

Ecuația că pentru Road Testul A.A.S.H.O. egalitatea 3.88 se transformă în :

$$L = 1,37 \cdot h_1 + 0,42 \cdot r_2 h_2 + 0,36 \cdot h_3 + 1,0 \quad (3.89)$$

- $r_1 = 1,0$ pentru straturi de fundație din macadam ;
- $r_2 = 0,8$ " " " pietriș ;
- $r_3 = 2,0$ " " " beton asfaltic.

Metodă de faptului că toate datele au fost obținute pe drumuri obișnuite cu un trafic variat, trebuie conceput un model de calcul al acțiunii unei osii.

Aceste modele matematice sînt discutabile deoarece ecuațiile 3.85 și 3.86 conțin încă multe necunoscute.

În multe din statele din USA au început programe de urmărire prin satelit a comportării drumurilor, programe care continuă

în Minnesota, Missouri, Texas și alte părți ale S.U.A.

Rezultatele acestor cercetări au fost în mică măsură făcute publice.

În R.F.G. a început de câțiva ani observarea unui număr mare de sectoare de drum.

Mai mult de 300 de drumuri nou construite cu o structură simplă construite după instrucțiunile în vigoare, au fost puse sub observație.

Lin acestor 170 au fost alese pentru a fi cercetate în amănunțime.

La menționat este că în toate cazurile avem de-a face cu drumuri obișnuite care nu au fost construite în scopul de a fi amănunțit cercetate.

Scopul primordial al acestor cercetări a fost investigarea viabilității acestor drumuri.

Rezultatele acestor cercetări urmează să fie comparate cu rezultatele obținute de AASHTO Road Test.

La asemenea s-au efectuat măsurători și studii privind schimbările care au avut loc în profil transversal, măsurători cu grinda Benkelman, studii ale capacității portante și investigarea defecțiunilor.

Nu este suficient ca cercetările să se mărginească doar la studiul unor drumuri cu un trafic normal.

Urele din studiile efectuate prin satelit de S.U.A. au urmărit această problemă.

Cele mai interesante rezultate au fost obținute pe varianta de autostradă München - München construită pentru a da posibilitatea constructorilor de a consolida un pod rutier.

Varianta de autostradă a fost construită având 6 (șase) sectoare cu îmbrăcămiți diferite și de grosimi diferite.

Pe sectoarele experimentale s-au efectuat măsurători diverse (cum ar fi, viabilitatea, schimbări de profil la măsurători cu grinda Benkelman și încercări dinamice [58]).

3.4. CONCLUZII ȘI PROPUȘI PRIVIND METODELE DE DIMENSIONARE EXISTENTE ȘI POSIBILITĂȚI DE ADAPTARE A ACESTORA LA CONDIȚIILE DIN IRAN

Calculul sistemelor rutiere trece în prezent printr-o fază caracterizată prin tendința de a înlocui metodele empirice și semiempirice prin metode raționale, bazate pe evaluarea stării de eforturi și deformații din structura rutieră.

Având în vedere că pe plan mondial metodele practice de calcul au fost în permanență perfecționate în lumina progreselor înregistrate în cadrul metodelor riguroase de calcul și în cunoașterea tot mai profundată a proprietăților materialelor utilizate la construcția structurilor rutiere, în cele ce urmează se vor prezenta unele considerații generale asupra stadiului actual al cunoștințelor în domeniul calculului sistemelor rutiere, în vederea valorificării raționale a proprietăților pe care le au materialele rutiere, cu întreaga gamă de variabilitate pe care o întâlnim în practică din punct de vedere al provenienței și modului de comportare sub acțiunea traficului și intemperțiilor.

Calculul de dimensionare a sistemelor rutiere neconstituind preocuparea specialiștilor iranieni din sectorul rutier, aceste considerații vor putea fi valorificate în direcția abordării unor cercetări pentru elaborarea unei metode de dimensionare proprii.

Având în vedere că în Iran se construiesc în prezent numai drumuri cu sisteme rutiere nerigide se vor face în continuare observații și propuneri numai în ceea ce privește dimensionarea acestui tip de sisteme rutiere.

În general calculul dimensionării unui sistem rutier rămâne o problemă încă nerezolvată. Este totuși posibil să se utilizeze metode empirice și semiempirice, verificate prin numeroase cazuri practice.

Fînă în prezent nu s-a elaborat o metodă oficială (STAS) aprobată de ministerul drumurilor din Iran, pentru calculul de dimensionare a sistemelor rutiere. Unii specialiști din sectorul drumurilor au creat unele metode de dimensionare prin modificarea metodelor existente (în Europa și America) și prin adaptarea lor în condițiile din Iran.

Aceste încercări sînt departe de a realiza o metodă care să îndeplinească cerințele tehnice și științifice, cu aplicabilitate în Iran.

Rezultatele diferitelor metode folosite în prezent implică riscul fie al supradimensionării, fie pe acela al subdimensionării, ambele la fel de păgubitoare pentru economia națională. Totuși se poate afirma că subdimensionarea este de regulă mai onerantă din pricina reparațiilor dificile pe care le antrenează un sistem rutier cu o capacitate portantă necorespunzătoare. În schimb o ușoară supradimensionare este adesea rentabilă ducând la prelungirea duratei de exploatare a sistemului rutier.

Rezolvarea problemei sistemelor rutiere în Iran necesită cunoașterea ipotezelor și a schemelor de calcul care stau la baza evaluării deformațiilor structurilor rutiere sub solicitarea traficului. Acesta implică definirea constantelor de deformabilitate ce caracterizează materialele folosite la executarea straturilor rutiere și oferă posibilitatea folosirii raționale a materialelor de care se dispune.

În ceea ce privește metodele empirice, aceste metode lipsite de o justificare teoretică, folosesc diferite formule care se bazează pe observații asupra comportării sistemelor rutiere existente aflate sub circulație sau pe date statistice (C.B.R.).

Dintre numeroase metode empirice, elaborate până în prezent, cea mai răspândită este metoda C.B.R., care se bazează pe rezistența la pătrundere a pământului de fundație și a materialelor din straturile de fundație, caracterizată prin indicii de capacitate portantă (C.B.R.).

Alcătuirea sistemului rutier se face din materiale având un coeficient de dilatare de la partea inferioară spre suprafață. Această metodă de dimensionare indică grosimea globală a sistemului rutier, fără a ține seama de influența rigidității înbrăcăminții asupra deformabilității sistemului rutier, precum și de regimul de umiditate și temperatură al complexului rutier. Unele considerații teoretice asupra formulei lui Marston conduc la rezultate apropiate de cele ale metodei C.B.R.

Încercările engleze au dus la modificarea formulei C.B.R. pentru a ține seama de intensitatea circulației (formula 3.4).

În Franța de exemplu, se consideră că metoda C.B.R. nu caracterizează proprietățile mecanice ale pământurilor, ci numai înălțimea de clasificare a lor într-o grupă sau alta.

În afară de metoda C.B.R. din grupa metodelor bazate pe determinarea capacității portanțe a pământului, mai face parte o metodă...

da indicelui de grupă (I.G.), care a fost elaborată de inginerul american Steele și se bazează pe încercările de identificare a terenului de fundație. Se poate afirma că această metodă nu este avantajoasă pentru dimensionarea sistemului rutier din Iran.

În ceea ce privește metoda Ivanov, în cadrul acestei rezistența sistemelor rutiere este apreciată prin deformația maximă admisibilă a îmbrăcămintei și ține seama de acțiunea repetată a unor sarcini verticale mobile.

Rezistența structurilor izolate și a sistemului în totalitatea lui este caracterizată prin modulul de deformație care se stabilește din curba tasării sub sarcină pentru valoarea fixată a tasării.

Pentru determinarea eforturilor și a deformațiilor sistemului rutier cu mai multe straturi, se transformă într-un masiv omogen izotrop, echivalent în ceea ce privește repartizarea eforturilor.

Totuși, teoria Institutului Dornii are o serie de deficiențe principale, care se explică în primul rând prin necesitatea simplificării întregului tablou complicat al rezistenței îmbrăcămintelor, spre a se putea obține o metodă de calcul practică.

Dificultatea fundamentală a teoriei pe care se bazează metoda este extinderea teoriei corpurilor care se deformează liniar, asupra structurilor nerigide ale sistemelor care se deformează neliniar. Din această cauză se nasc dificultăți, care nu au fost învinse pînă în prezent, cu privire la metodologia determinării modulului de deformație a structurilor îmbrăcămintei și ale sistemului rutier în totalitatea lui și la stabilirea stării limită de calcul pentru sisteme rutiere nerigide.

Metoda Ivanov poate fi studiată în Iran, atât la dimensionarea sistemelor rutiere nerigide cât și la calculul renforșării complexelor rutiere existente.

În vederea aplicării acestei în Iran este necesar să se efectueze studii și cercetări experimentale, în laborator și pe teren privind :

- determinarea capacității portante a diverselor tipuri de pământuri existente în Iran, în funcție de condițiile hidrogeologice și climatice. Aceasta impune zonificarea teritoriului țării ținînd seama de regimul de precipitații și de temperatură ;
- determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale agregatelor naturale folosite în Iran la construcția drumurilor ;

- determinarea caracteristicilor mecanice (în principal modulul de deformare liniară) pentru straturile rutiere din agregate naturale și pentru amestecurile asfaltice care se produc în Iran, ținând seama de condițiile de solicitare specifice, în special de regiunea teraie ;

- stabilirea caracteristicilor specifice ale diferitelor grupe de autovehicule care circulă pe drumurile din Iran ;

- adoptarea unei metodologii de echivalare a vehiculelor fizice în vehicula etalon ;

- stabilirea deformațiilor admisibile ale îmbrăcămintelor bituminosase ținând seama de durata de exploatare a acestora ;

- determinarea constantelor specifice necesare pentru calculul factorului de trafic ;

- adoptarea și realizarea unui sistem de înregistrare permanentă a traficului rutier care să permită evaluarea intensității circulației.

În ceea ce privește metoda Jouffroy-Bachelez, această metodă este consacrată în Europa ca una dintre cele mai evoluate metode de dimensionare (valoarea ei practică este încă redusă).

În această metodă se utilizează principiile generale ale teoriei elasticității, cu unele simplificări. Se folosesc modulii de elasticitate, iar ca deformare admisibilă se va lua deformarea elastică, la care nu se produc fenomene de oboseală. Modulii de elasticitate ai diferitelor straturi se pot determina prin stabilirea vitezei de propagare a oscilațiilor elastice.

Metoda Jouffroy-Bachelez poate fi utilizată și în Iran, în cazul când îmbrăcămintea bituminosă este mai groasă de 10 cm, pentru a putea prezenta efect de amortizare și dacă încălzirea este de durată foarte scurtă. asemenea condiții se întâlnesc în cazul sistemelor rutiere pe care se execută autostrăzile.

În ceea ce privește metoda Kensler, aceasta are multe dezavantaje, una dintre ele că nu se ține seama de acumularea deformațiilor în cazul aplicării repetate a sarcinilor produse de trafic, în timp ce sarcina totală în calcul este apropiată de sarcina efectivă în majoritatea țărilor din Europa și America.

Formulele lui Kensler au fost deduse din condițiile teoriei elasticității, adică fără a ține seama de natura traficului, de factorii climaterici și de deformarea admisibilă a îmbrăcămintei. Formula este bazată pe ipoteza aplicării justificate a legilor teoriei elasticității, la îmbrăcămintele rutiere alcătuite din mai multe straturi. De aceea, aplicarea ei poate avea loc numai în condițiile

pentru care s-a făcut o comparație între grosimile calculate și cele constatate și justificare în practică.

Așadar, metoda Kansas, care în mod formal ține seama de intensitatea și de natura traficului, de factorii climaterici și de deformarea permisibilă a îmbrăcămintei, este de fapt luată fără o justificare tehnică.

Ar fi aplicabilă această metodă în Iran pentru comparație între grosimile calculate și cele constatate și corespunzătoare în practică.

În ceea ce privește metoda AASHO, testul a demonstrat că între încălzirea pe osie, numărul treceșilor de osii și durata de exploatare a drumului există o legătură neliniară. De asemenea, testul a arătat că scăderea grosimii straturilor sistemului rutier prelungesc simțitor durata de exploatare a acestuia.

Indicele de viabilitate al unui drum, stabilit în cadrul testului AASHO se bucură în lume de o tot mai largă aplicabilitate. Condițiile stabilite pentru acest indice dovedesc că pe lângă valoarea științifică, acest indice prezintă și o importanță practică în construcția și exploatarea drumului.

În Iran, cu toată lipsa de perfecționare, această metodă este în prezent cea mai răspândită și se aplică de către mai multe companii particulare de execuție și construcție drumurilor. Este necesar însă să se efectueze studii și cercetări, pe baza cărora să se adapteze această metodă condițiilor curente din Iran.

Principala divergență dintre metoda sovietică și metoda franceză sau americană constă în faptul că în metoda Ivanov se ia în calcul acumularea totală a deformațiilor în perioada cea mai defavorabilă a exploatarei sistemelor rutiere (cazul des întâlnit la temperaturi foarte variabile în Iran), iar în S.U.A., Anglia și Franța se iau în considerare deformațiile accidentale maxime produse de vehiculele staton. Condiții analoge se observă și în Iran, unde numărul autovehiculelor de calcul crește, nu numai în urma creșterii traficului, ci și ca urmare a creșterii numărului de autovehicule grele (cauza este lipsa de căi ferate).

Având în vedere că la Congresul Mondial de Drumuri din Bruxelles, Ministerul de drumuri din Iran nu a trimis nici un reprezentant, considerăm necesar să prezint unele concluzii în legătură cu problemele de dimensionare care au fost discutate.

Tropun la atenția inginerilor iranieni următoarele probleme:
- în ceea ce privește comportarea drumurilor și mai ales

prognoze duratei de exploatare, se constată că modelele previzionale au tendința de a subestima duratele de exploatare reale. Aceste modele au permis observarea unor parametri importanți și au arătat necesitatea de a respecta grosimile minime de punere în operă și avantajul unei ușoare supradimensionări, mai ales în cazul structurilor în alcătuirea cărora intră un strat din agregate stabilizate cu un liant hidraulic;

- construcțiile în etape nu se recomandă în cazul drumurilor cu trafic important din cauza perturbărilor pe care le provoacă. În schimb, se recomandă utilizarea ei în cazul drumurilor cu trafic redus și când mijloacele bugetare sînt mai mici;

- în domeniul dimensionării practice, se recurge la metode semi-teoretice, care sînt rezultatul unui compromis între o abordare pur empirică și una pur teoretică. Utilizarea unor astfel de metode permite o prezentare foarte simplă a soluțiilor deosebite de reținut;

- au fost făcute eforturi importante pentru dezvoltarea mijloacelor rapide de investigație, nu numai în scopul verificării validității metodelor de dimensionare utilizate, ci și în scopul perfecționării unor sisteme de administrare și întreținerii rețelelor;

- în cazul utilizării materialelor noi (bitumuri cu aditivi, mixturi asfaltice reciclate, materiale netradiționale, etc.) și a unui trafic excepțional, se constată că folosirea din ce în ce mai largă a unor metode teoretice de dimensionare.

CAPITOLUL IV

RAFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE

Sub denumirea de raforsare a complexelor rutiere existente înțelegem totalitatea lucrărilor necesare pentru ridicarea capacității portante a drumului la nivelul solicitărilor traficului rutier.

Necesitatea raforsării complexelor rutiere existente rezultă din considerente tehnice și economice. Sistemele rutiere existente obosesc și cedează solicitărilor la care sînt supuse, sub influența traficului și a condițiilor climaterice, după o perioadă de timp care variază în funcție de un număr de factori, ca :

- modul de alcătuire a sistemului rutier existent ;
- îmbătrînirea liantului bituminos din mixtura asfaltică ;
- modul de întreținere și evacuarea epelor ;
- condiții climaterice ;
- calitatea execuției și calitatea materialelor utilizate.

Prin urmare, pe parcursul exploatării drumurilor, capacitatea portantă efectivă a acestora scade în condițiile în care solicitările datorită dezvoltării traficului rutier sînt din ce în ce mai mari.

Programul de raforsare a complexelor rutiere existente se întocmește pe baza investigațiilor care se efectuează asupra stării rețelei de drumuri și se definitivează ținîndu-se seama de resursele financiare și materiale alocate.

Se recomandă să se prevadă din timp raforsarea complexelor rutiere existente, fără să se aștepte degradarea lor, pe bază de studii sistematice ce se referă la măsurarea deflexiunilor, durată de exploatare a îmbrăcămintei, evoluția traficului rutier, starea generală a drumului etc., evitîndu-se prin aceasta deteriorarea gravă în special a îmbrăcămintei existente și în consecință cheltuielile mari pentru lucrările de întreținere și reparații curente.

Studii efectuate recent cu privire la alegerea momentului optim al execuției lucrărilor de ranforsare au scos în evidență inconveniențele care pot rezulta în urma amânării execuției acestor lucrări.

Se menționează faptul că întârzierea execuției lucrărilor de ranforsare conduce la înregistrarea, în medie, a unui spor anual de 1,5-2,5 cm în grosimea totală necesară a straturilor bituminose de ranforsare, precum și la cheltuieli relativ ridicate privind execuția unui volum sporit al lucrărilor de întreținere în această perioadă.

În prezent în lume există o multitudine de metode de calcul al ranforsărilor, unele din ele bazate pe 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 ale ranforsării adoptate de diferite țări, care se consideră că pot fi aplicate la ranforsarea drumurilor existente din Iran.

4.1. METODA FOLOSITĂ ÎN FRANȚA

În normele franceze dimensionarea ranforsărilor și deci stabilirea grosimii straturilor de ranforsare se face în funcție de patru parametri caracteristici și anume [68] :

- clasa de trafic (T_j) ;
- clasa de structură a sistemului rutier (C_j) ;
- indicele de comportare la îngheț-dezghet al complexului rutier (i_n) ;
- iarna de referință (IR).

Clasele de trafic T_j sînt în fapt scela din catalogul de structuri tip pentru drumuri și corespund vehiculelor cu sarcină utilă mai mare de 50 kb.

Este deci important să se culeagă informații asupra intensității traficului greu în cursul anilor anteriori și asupra evoluției previzibile a acestuia. În acest scop, cîntărirea dinamică va putea fi utilizată avantajos. Cunoașterea cât mai exactă a agresivității traficului greu este un element fundamental în dimensionarea ranforsării.

Clasa de structură C_j a sistemului rutier existent se determină pentru fiecare secțiune omogenă printr-o apreciere sintetică globală a stării mecanice bazată pe traficul greu suportat

în cursul ultimilor ani și analiza următorilor factori :

- structura sistemului rutier existent în funcție de condițiile locale geotehnice și hidraulice ale terenului suport ;
- natura, importanța și data lucrărilor realizate anterior pe tronsonul în cauză ;
- starea suprafeței drumului rezultată dintr-o revizie vizuală ;
- măsurători de comportare mecanică reprezentate prin deflexiuni caracteristice (Δc), valabile pentru o lungime determinată de drum.

Capacitatea complexului rutier existent de a rezista la efectele îngheț-dezghet este cuantificată printr-un indice Y_a care este caracteristic complexului rutier existent. Acest indice se determină pentru fiecare secțiune omogenă, luându-se în considerare caracteristicile complexului rutier existent vizavi de efectele înghețului, cât și observațiile realizate ca urmare ale iernilor trecute.

Le regulă iarna de referință (IR) se caracterizează prin indicele de îngheț exprimat în $^{\circ}\text{C} \times \text{zile}$. Se definesc două ierni de referință: una excepțională (de regulă cu periodicitate de 20...30 ani) și cealaltă obișnuită (de regulă cu periodicitate de 10 ani) [68].

Dimensionarea renforsării are în vedere folosirea în structurile de bază a materialelor pietroase granulare stabilizate cu zgură, ciment, var și ceruși de termocentrală etc.

Dimensionarea renforsării conține următoarele etape :

- dimensionarea renforsării înainte de luarea în seamă a înghețului ;
- verificarea la îngheț-dezghet a renforsării ;
- alegerea soluției de renforsare ;

4.2. METODA FOLOSITA ÎN ELVEȚIA (AASHO)

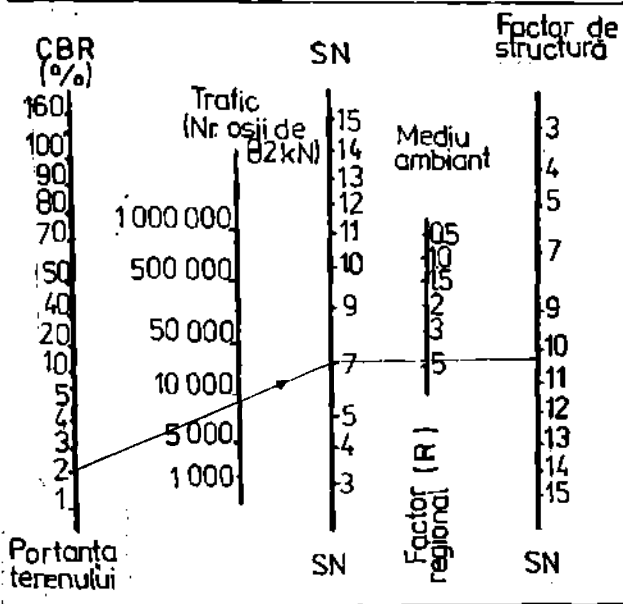
Dimensionarea renforsării complexelor rutiere pe drumurile cu trafic redus se bazează pe recomandările AASHO. Plecând de la aceste recomandări, diagramele corespondente au fost adoptate condițiilor drumurilor cu trafic redus din Elveția și controlate începând cu opt ani în urmă. S-a adevărit că diagramele modificate dau valori bune, confirmate de practică [69].

Diagrama de dimensionare utilizată pentru determinarea renforsării este reprezentată în figura 4.1.

Grosimea necesară a structurii de rezistență se determină cu formula :

$$\overline{SN} \sum a_1 \cdot D_1 \quad (4.1)$$

În ce privește parametrii de dimensionare (portanța terenului și a infrastructurii, traficul, factorul regional și coeficientul de portanță)



coeficienții de portanță) aceste sînt menționați în cele ce urmează.

Homograma din fig. 4.1. se bazează pe coeficientul CBR, pentru un teren saturat cu apă. Pentru pămînturi cu granulatie fină și coezivă de slabă portanță (coeficient CBR < 10 %) se efectuează măsurători cu ajutorul unui penetrometru portativ. Pentru aceste soluri portanța se evaluează în general după clasificarea USCS și eventual se determină pe teren sau în labora-

Fig.4.1. Homograma de dimensionare (P=1,5).

toarele de încercări cu instrumente CBR.

Traficul este evaluat corespunzător duratei de exploatare a drumului și este exprimat în nr.de osii de 82 kN, a trafic zilnic mediu sau ca trafic global pentru o anumită perioadă [69].

Determinarea exactă a factorului regional care influențează portanța, cere un volum mare de lucru și nu este esențial pentru lucrările practice.

Renforșarea după această metodă, consideră straturile de rezistență 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 anumită durată de exploatare.

Diferența între factorul de structură cerut și cel al drumului existent ($SI_1 - SI_0$) că factorul de structură al renforșării. Coeficienții de portanță a materialelor straturilor existente nu

sînt exact cunoscuți însă este posibil a fi utilizați cu o precizie suficientă.

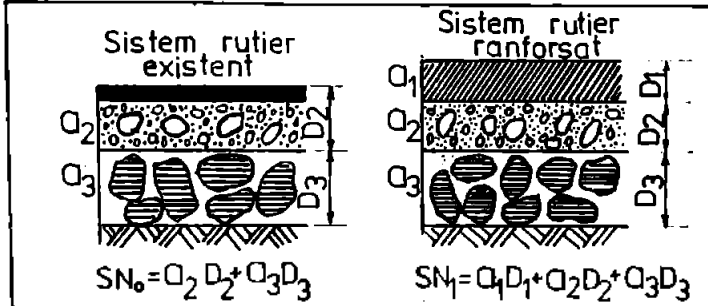


Fig.4.2. Schemă de ranforsare în metoda elvețiană (AASHTO).

În fig.4.2 se prezintă schematic principiul de dimensionare a ranforsării prin această metodă.

Incercarea AASHTO a arătat că mărirea deflexiunii elastice este o

măsură a portanței și a duratei de exploatare a unui sistem rutier.

Din graficul din fig.4.3. se poate deduce deflexiunea maximă admisibilă a unui complex rutier dimensionat pentru un număr carecared de sarcini pe osie. Dacă această deflexiune este mult depășită, durata de exploatare a drumului este considerabil redusă. Prin ranforsare se reduce deflexiunea efectivă a complexului rutier.

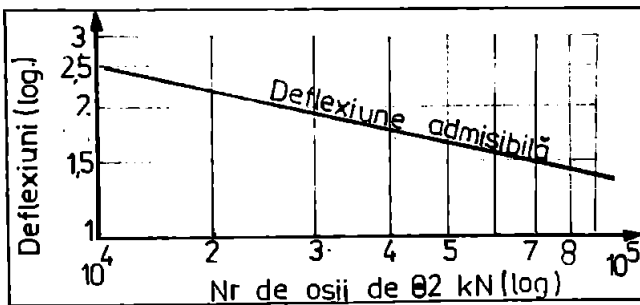


Fig.4.3. Variația deflexiunii admisibile în funcție de trafic.

Deflexiunea admisibilă poate determina grosimea straturilor de ranforsare. (Fig.4.4)

Cu ajutorul diagramei din fig.4.5, se poate determina grosimea straturilor de ranforsare exprimată prin

factorul de structură este conduse la scăderea deflexiunii existente la valoarea admisibilă [1].

Pentru determinarea ranforsării după această metodă portanța drumului de ranforsat este caracterizată prin deflexiunea elastică, măsurată sub osile duble de sarcină egală cu 80 kN cu ajutorul plăcii de beton.

Un punct de vedere economic, nu este indicat ca dimensionarea ranforsării suprastructurii unui drum să se facă ținând seama de punctul de proiectare de cea mai scăzută portanță, adică pe baza deflexiunii celor mai mari.

Dimensionarea complexelor rutiere pe drumurile cu trafic pedonal și cu suprastructură suplă este deci posibil de fundamentat

științific și posibil de aplicat în practică.

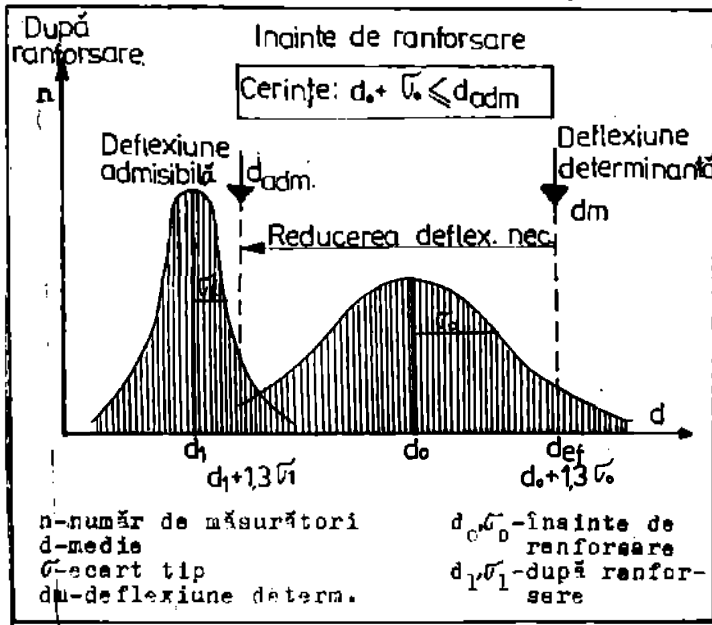


Fig.4.4. Influența ranforsării asupra valorilor deflexiunilor.

Aceste metode permit determinarea, ținând seama de principalii parametri de dimensionare cum sînt portanța terenului, traficul, mediul ambiant și materialele de construcții, mai multe variante de suprastructuri echivalente din punct de vedere al portanței ca și al duratei de exploatare [69].

4.3. METODA DENSITĂ ÎN OLADA (SCHELL)

În cadrul acestei metode se consideră că structura siste-

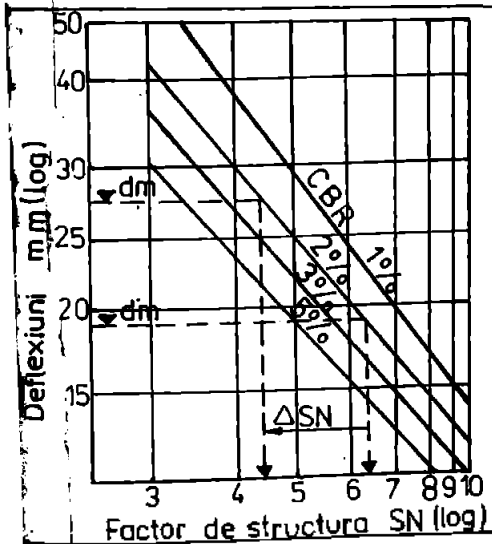


Fig.4.5. Determinarea grosimii ranforsării S_1 după metoda deflexiunii.

mului rutier e reprezentată de un sistem elastic liniar multistrat în care materialele sînt omogene și izotrope și sînt caracterizate de modulul de elasticitate (E) și raportul lui Poisson (ν). În cele mai multe cazuri structura poate fi socotită ca un sistem de trei straturi (fig.4.6) conștinđ dintr-un strat superior din mixturi asfaltice (E_1, ν_1, h_1), un strat granular sau un strat de bază stabilizat cu ciment (E_2, ν_2, h_2) și petal drumului (E_3, ν_3, h_3 grosime infinită) [59].

Ultimul parametru este caracterizat prin raportul Q_r din-

tre deflexiunii la o distanță r de la încărcătură (δ_r) și deflexiunea sub centrul sarcinii etalon d_0 . Raportul Q_r a fost ales în locul razei de curbură deoarece Q_r poate fi măsurat mai ușor cu aparatele existente. Distanța r poate fi fixată în funcție de tipul structurii și se presupune de asemenea că Q_r este aproximativ 0,5.

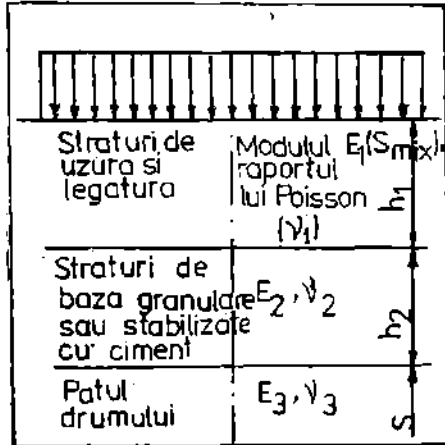


Fig.4.6. Schematizarea structurii rutiere.

Intre modulul stratului de baza granular, grosimea totală a acestuia (h_2) și modulul petului drumului (E_3) se consideră valabilă relația :

$$E_2 = K \cdot E_3 \quad (4.2)$$

unde : $K = (0,206 \cdot h_2)^{0,45}$, cu limitele $2 < K < 4$;

h_2 este grosimea totală în mm ;

Cu această relație fixată între

E_2 și E_3 și faptele de interpretare este suficient să fie prezentate numai pentru o singură valoare E_3 , deoarece caracteristicile structurii sistemului

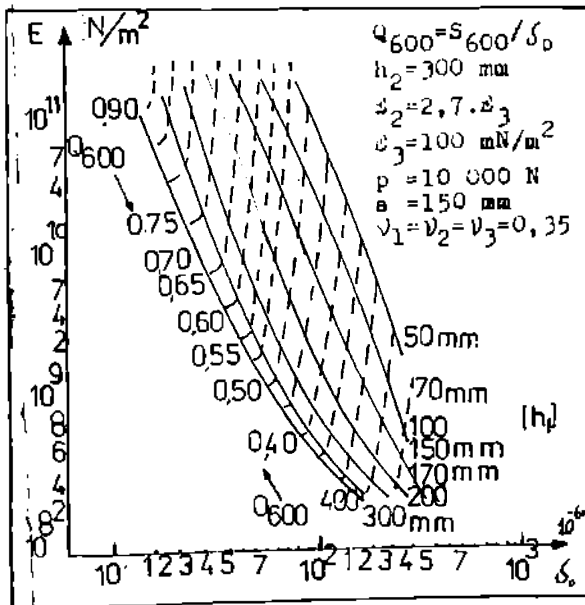


Fig.4.7. Variația deflexiunii în funcție de caracteristicile stratului de reforțare.

rutier pentru alți moduli ai patului drumului pot fi obținute astfel ușor.

Raportul lui Poisson se consideră $\nu = 0,35$ pentru toate straturile. În fig.4.7.

se prezintă o diagramă pentru calculul deflexiunii complexului rutier în funcție de grosimea stratului de ranforțare [59].

Valoarea lui h_2 este determinată pe baza proiectului sau prin efectuarea de sondeje în sistemul rutier (fig.4.8).

În timpul unei serii de măsurători temperatură înbrăcămintei poate varia ca

urmare a schimbării temperaturii mediului.

Cînd temperatură îmbrăcămintei diferă cu mai mult de 4 °C sectoarele de drum corespunzătoare sînt interpretate separat.

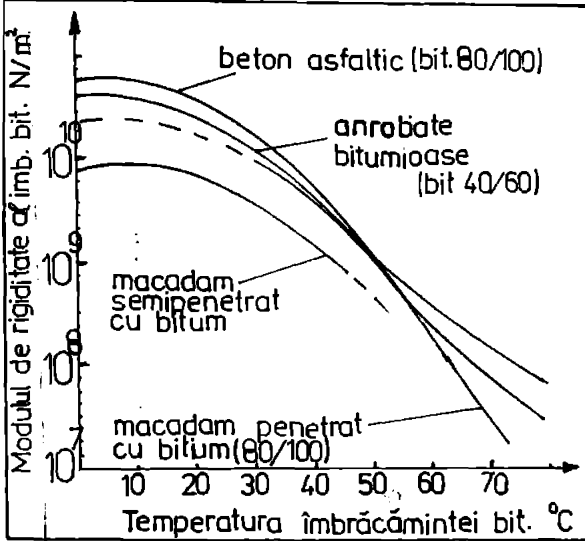


Fig. 4.8. Graficul de interpretare a deflexiunii.

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

Cînd forma suprafeței deformate caracterizată prin $Q_R = \delta_n / S_0$ este folosită ca un parametru secundar, trebuie investigate combinații diferite ale lui S_0 și Q_R pentru a determina care este cel mai critic parametru.

Aceasta se face prin calcularea valorilor modulului de deformație al patului drumului și ale grosimii efective a stratului de mixtură asfaltică pentru mai multe valori S_0 și Q_R .

Tabelele de proiectare Shell pot fi folosite pentru a determina grosimea stratului de reforșare în funcție de valorile traficului de prognoză [59].

4.4. METODA BAZATĂ PE DURATA DE EXPLOATARE (S.U.A)

Calculul implică patru etape principale cuprinzînd : calculul deformației, traficul admis, degradări existente din oboseală și durata de exploatare reziduale [54].

Se determină deformația în îmbrăcămintea existentă folosind metodele anterior determinate. Deformația orizontală de întindere la baza stratului din beton asfaltic în direcția paralelă osiei-sarcinii, se determină pentru o încărcare de 41 kN pe roată dublă cu distanța între centrele roților egală cu 33 cm și pentru o presiune de amflare a pneului de 5,37 daN/cm².

Se calculează numărul admis de solicitări cu osii de 82 kN folosind diagrama din figura 4.9 sau următoarea ecuație de obținere :

$$N = 9,73 \cdot 10^{-15} \cdot (1/\epsilon)^{5,16} \quad (4.3)$$

în care :

n este numărul admis de solicitări în osii de 82 kN pe durata de exploatare ;

ϵ - deformația orizontală la baza stratului din beton asfaltic.

Oboseala complexului rutier reprezintă ^{reducere} rezistenței acestuia datorită traficului deja suportat. Degradarea din

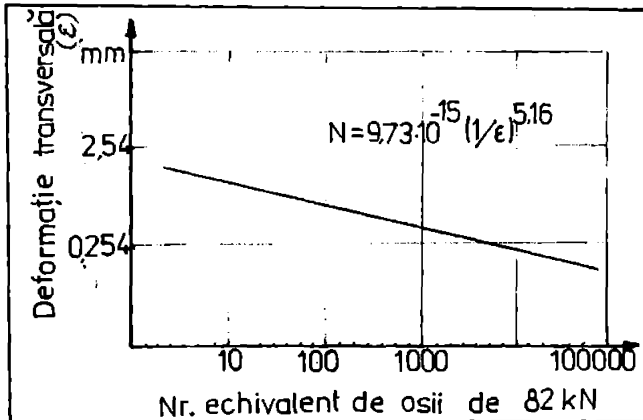


Fig.4.9. Curba de oboseală la apariția fisurilor.

oboseală se calculează cu relație :

$$L_u = n/N \quad (4.4)$$

în care :

n este numărul de osii echivalent care au solicitat sistemul rutier.

Calculul duratei de exploatare reziduale se face după cum urmează :

$$L_r = 1 - L_u \quad (4.5)$$

în care:

L_r este durată de exploatare reziduală (d.p.d.v. al oboselei) ;

L_u - durată de exploatare consumată. Prin definiție, durată de exploatare reziduală ^{este} rezistența la oboseală neconsumată a sistemului rutier .

Se analizează sistemul rutier pentru o gamă de grosimi de renforșare, de exemplu : 8;13;18 și 23 cm, folosind programul de calcul ELSYM 9, cu tipul de încărcare anterior descris, determinându-se eforturile și deformațiile [1].

Aceste eforturi și deformații se vor alege maxime, fie sub o roată fie între roți cînd se iau în considerare roțile duble [54].

Traficul admisibil se va determina din curba de oboseală din figure 4.9. și se va înmulți cu durată de exploatare rămasă, sau se va calcula direct folosind relația :

$$R = 9,73 \cdot 10^{-15} \cdot (1/\epsilon)^{5,16} \cdot L_r \quad (4.6)$$

Pe baza valorilor parametrilor obținuți, cu ajutorul diagramei din Fig.4.9 se poate calcula grosimea stratului de ren-

forșero [54].

4.5. METODA BAZATĂ PE CRITERIUL DEFORMĂȚII ELASTICE ADMISIBILE.

Din multitudinea de metode de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide, foarte mulți specialiști au 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 [56].

4.5.1. Metoda bazată pe măsurarea deflexiunilor cu deflectometrul Benkelman

Principiile metodei constau în măsurarea deformabilității complexelor rutiere nerigide potrivit instrucțiunilor tehnice în vigoare și aplicarea de noi straturi bituminoase în cazul când portanța pământului de fundație este corespunzătoare.

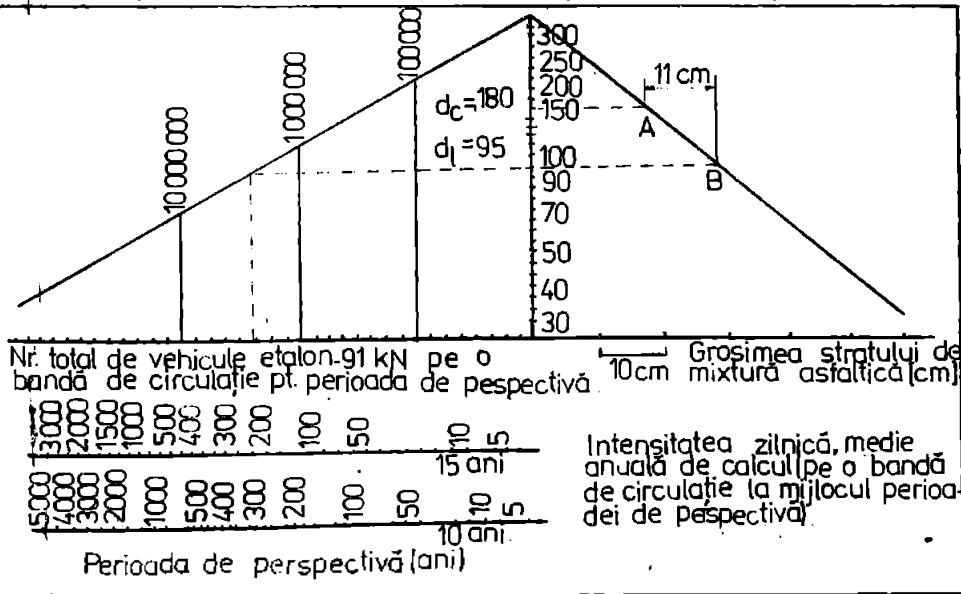


Fig.4.10. Diagrame pentru stabilirea grosimii stratului de reforșare din mixtură asfaltică.

grosimii structurilor necesare pentru reforșare ^{se determina} conform diagramei din Fig.4.10 în funcție de deflexiunea elastică caracteristică a sectorului de drum și volumul traficului rutier de perspectivă, exprimat prin numărul total de autovehicule etalon de calcul (cu încărcătură pe axă din spate de 91 kN) pe o bandă de

circulație și o anumită perioadă de perspectivă [31].

4.5.2. Metode de calcul bazată pe măsurătorile efectuate cu deflectograful Lacroix.

Metode se bazează și în acest caz pe măsurătorile privind deformația elastică a complexului rutier, dar cu ajutorul deflectografului Lacroix [31].

Măsurătorile, înregistrarea rezultatelor și calculele privind grosimea necesară a straturilor rutiere bituminose pentru ranforsare se efectuează pe baza preluorărilor automate a detelor.

În funcție de deflexiunile caracteristice obținute la măsurători și a intensității traficului se stabilesc grosimile medii necesare pentru ranforsare.

Deflexiunea caracteristică rezultă ca urmare a unui proces de prelucrare statistico-matematică a măsurătorilor de deflexiuni, de regulă pe tronsoane de drum de 200 m lungime [68].

Ținând 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 4.1.

Tabelul 4.1.

Mărimea deflexiunii caracteristice l/100 mm	Intensitatea traficului rutier (MZA) în vehic.fizice			
	poste 6000	3001... 6000	1500... 3000	sub. 1500
100...125	10	-	-	-
125...150	10	8	-	-
150...200	15	10	8	7
200...250	studiu	15	10	8
250...300	studiu	studiu	15	10
300...325	studiu	studiu	studiu	15

Lupă 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.

Soluțiile tehnice și execuția lucrărilor proiectate sînt alese în funcție de metodele de calcul folosite și rezultatele acestora și de eficiența tehnico-economică și energetică a acestora [56].

În general se realizează una din următoarele soluții :

- aplicarea unui covor asfaltic pe îmbrăcămintea existentă ;
- aplicarea unei noi îmbrăcăminți bituminose în două straturi ;
- introducerea unui strat de bază și aplicarea unei noi îmbrăcăminți bituminose ;
- 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, mixtură asfaltică cu tratament simplu sau dublu, beton asfaltic cu mixtură recuperată, anrobate bituminose cu tratamente bituminose etc. ;
- pentru stratul de legătură : strat de legătură clasic din mixtură asfaltică la cald sau la rece, mixtură asfaltică cu materiale rezultate din îmbrăcămințile bituminose vechi etc. ;
- pentru stratul de bază : strat din anrobate bituminose clasice, din piatră spartă penetrată cu bitum sau din straturi din balast sau nisip, stabilizat cu zgură granulată de furnal, straturi din balast stabilizat cu tuf vulcanic etc.

4.6. METODA DE DIMENSIONARE BAZATĂ PE CRITERIUL DEFORMAȚIILOR ELASTICE MĂSURATE ÎN REGIM DINAMIC CU PÎRGHIA BENKELMAN TIP SCHILBERT.

Metoda are două avantaje în plus față de cele descrise anterior și anume [59] :

- măsoară deformațiile în regim dinamic (deci mai reale) ;
- măsoară deformația totală, atât pe cea elastică, cât și pe cea permanentă. Deformația totală d_t poate fi scrisă :

$$d_t = d_e + d_p \quad (4.7)$$

În care:

- d_e este deformația elastică ;
- d_p - deformația permanentă.

La aplicarea acestei metode apar două situații și anume :

- deformația permanentă este mică (sistemul rutier cu comportare bună în exploatare), deformația elastică este mare rezultând o grosime de reforșare mare și aceasta datorită tocmai deflexiunii elastice mari ;

- deformația permanentă este mare, deci sistemul rutier este cu comportare necorespunzătoare în exploatare, deformația elastică este mică și ca urmare grosimea de reforșare mică, situație ce nu poate fi ideală.

Se apreciază deci a fi necesar ca dimensionarea să se facă pe baza deflexiunii totale. Cum diagramele cu grosimile de reforșare sînt valabile numai pentru deformația elastică, se consideră de asemenea necesar să se adopte metodologiă de calcul ce se aplică în cazul măsurărilor cu deflectometrul Lecroix, (ambele operate măsurînd în regim dinamic) [59].

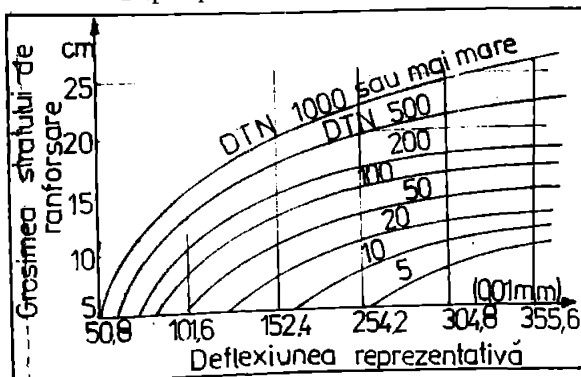
4.7. METODA INSTITUTULUI DE ASFALT (SUA-AASHTO)

Determinarea deformabilității drumurilor cu ajutorul deflectometrului Benkelman se face după principiile cunoscute. Deflexiunea înbrăcămintei corigide se măsoară sub o sarcină pe roată de 40 kN.

Măsurătorile de deflexiuni obținute se sectorizează în funcție de armuți factori (profil transversal, tip de drenare, starea înbrăcămintei etc.) și se ajustează în funcție de temperatura la care s-a efectuat măsurătorile folosind factori de ajustare deflexiunilor [69].

Ajustările nu sînt necesare în cazul în care măsurătorile de deflexiuni s-au efectuat toamna sau primăvara, sau respectiv în perioadele critice [1].

După prelucrarea statistică din care rezultă o deflexiune



reprezentativă, aceasta împreună cu (numărul) trafic proiectat (DTR) permit calculul grosimii de reforșare, folosind nomograma din fig.4.11.

DTR sau numărul de trafic proiectat este definit ca medie zilnică a sarcinilor monoaxiale echi-

FIG.4.11. Diagrama de dimensionare a straturilor bituminose de reforșare conform Institutului

valente de 91 kN estimate pe o bandă de circulație pentru o perioadă de 20 ani (DTN 20).

Determinarea LTN se face în următoarele etape :

- estimarea numărului mediu de vehicule în primul an după darea în exploatare a drumului (IDT) care se calculează obișnuit pe baza necesității de trafic și a coeficientului de evoluție pentru fiecare categorie de vehicule recensate ;

- se calculează procentul de vehicule grele în fluxul de circulație (A) ;

- se determină procentul de vehicule grele (B) pentru o bandă de circulație ;

- se estimează greutatea medie a vehiculelor grele din datele de trafic, ce se face pe baza unei medii ponderate ;

- se stabilește sarcina maximă admisă (pe osia simplă).

Cu datele de mai sus se determină numărul de trafic inițial (INT) folosind nomograma pentru analiza traficului din fig.

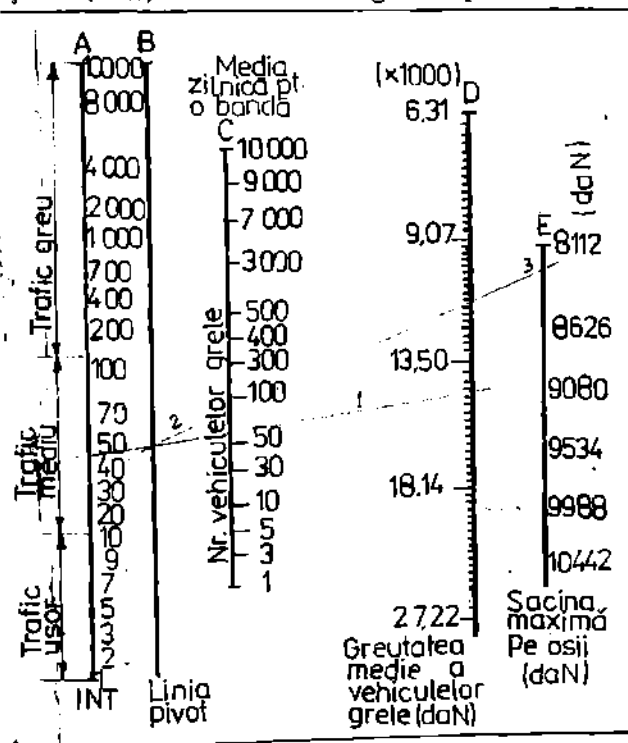


Fig.4.12. Nomograma de analiză a traficului.

4.12. După obținerea acestei date se stabilește perioada de perspectivă în funcție de tipul îmbrăcăminte rutiere [69].

Referitor la această metodă propusă pentru experimentare pot fi enunțate unele critici, printre care se amintesc :

- efectele din trafic funcție de sarcina pe osie nu pot fi departajate mai ales la grupa vehiculelor cu greutate "egală sau de peste 50 kN" întrucât acestea sînt scoțite global ;

- rata de creștere anuală este considerată constantă ceea ce practic nu se realizează ;

- coeficienții de echivalare sînt restrîngi și nu cuprind multe din situațiile practice ;

- sarcina maximă admisă de 100 kN pe roată luată în calcul reprezintă o situație limită propusă și nu una reală statistică.

4.8. RANFORSAREA COMPLEXELOR RUTIERE EXISTENTE CU ÎMBRĂCĂMINȚI DIN BETON DE CIMENT

Apariția în ultime perioadă a dificultăților generate de criza energetică, a petrolului, a pus problema găsirii unor noi soluții și tehnologii de ranforsare a drumurilor existente care să înlocuiască în cît mai mare măsură materialele energointensive, în mod special bitumul de petrol [28].

Nivelul o-rinței de ranforsare va crește și în viitor ca urmare a sporirii sarcinii pe osie și a faptului că multe drumuri publice cu îmbrăcămînți bituminoase, au capacitatea portantă scăzută ($E_{ech.ef} \leq 300 \text{ daN/cm}^2$), în timp ce moduli de deformare echivalenți necesari sînt de ordinul a $500 \dots 700 \text{ daN/cm}^2$.

Acă se ia în considerare o durată de exploatare de 30 de ani, prin eficiența din punct de vedere energetic și economic, devin net favorabile ranforsările cu îmbrăcămînți din beton de ciment față de cele cu îmbrăcămînți bituminoase.

Noile îmbrăcămînți de beton de ciment se realizează din plăci de beton de 4...6 m lungime și 3...3,75 m lățime, corespunzătoare unei benzi de circulație, în funcție de clase tehnice a drumului respectiv. La regulă la executarea ranforsărilor noue îmbră-

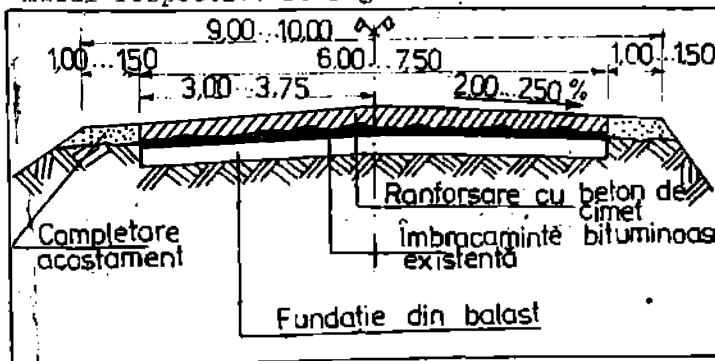


Fig.4.13. Secțiune transversală a unui drum ranforsat cu îmbrăcămînți din beton de ciment.

oșmirite din beton de ciment se realizează într-un singur strat, care trebuie să aibă caracteristicile stratului de uzură (fig.4.13.).

Betoanele pentru îmbrăcămînțile executate într-un singur strat se

prepară cu agregate naturale provenite din rocă eruptivă, criblură sau material concasat de balăstieră și nisip natural.

La drumuri de importanță redusă, betosnele de ciment rutiere se prepară numai cu pietriș de rîu sau piatră spartă (split) și nisip natural [60].

Tipul de ciment (P 45, P 40 sau CD 40) și dozejul de ciment (330...360 kg/m³) sînt în funcție de marca betonului (B 350, B 400 și B 450).

Reportul A/C maxim utilizat este următorul :

- 0,45 pentru betoane cu granulozitate continuă ;
- 0,47 pentru betoane cu granulozitate discontinuă.

Betosnele rutiere trebuie să se încadreze în categoria de lucrabilitate L₁ [29].

Metoda de calcul a reforșărilor 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 suport dat, în condițiile variațiilor de temperatură.

Calculul grosimii dalelor se bazează pe ipoteza plăcilor elastice, rezemate continuu pe un mediu liniar deformabil, supuse la încovoiere [60].

La dimensionarea reforșărilor cu beton de ciment, se iau în considerare următorii factori de trafic :

- intensitatea traficului de calcul (numărul de vehicule etalon în 24 ore) ;
- încărcarea maximă pe roată.

Pentru a ține seama de influența aplicării dinamice a sarcinilor mobile, sarcina maximă pe roată se multiplică cu un coeficient de impact avînd următoarele valori :

$\Psi = 1,2$ pentru vehiculul etalon cu sarcina pe osie din spate de 91 kN ;

$\Psi = 1,15$ pentru vehiculul etalon cu sarcina pe osie din spate de 100 kN.

Rezistența admisibilă la încovoiere a betonului (R_{inc}^{ad}) se determină din valoarea rezistenței la încovoiere la 28 zile (R_{inc}^{28}) prin aplicarea unui coeficient de reducere (n) care ține seama de fenomenul de oboseală la care este supusă dala prin trecerea repetată a încărcărilor mobile conform relației :

$$R_{inc}^{ad} = n \cdot R_{inc}^{28} \quad [daN/cm^2] \quad (4.8)$$

Valoarea lui "n" variază în funcție de intensitatea traficului de calcul [55].

4.8.1. Dimensionarea renforsării cu beton de ciment a sistemelor rutiere nerigide

Calcululele pentru stabilirea grosimii dalelor se fac considerând acțiunea simultană a [28]:

- încărcărilor din trafic ;
- diferențelor de temperatură ce apar între fețe superioară și inferioară a dalei .

Parametrii de calcul la dimensionarea renforsării sistemelor rutiere nerigide sînt următoarele :

- intensitatea traficului de calcul ;
- caracteristicile vehiculului de calcul și coeficientul de impact ;
- caracteristicile betonului (rezistența admisibilă la încovoiere ; modulul de elasticitate al betonului și modulul de elasticitate al betonului pentru înșărcări de lungă durată) ;
- modulul de deformație (E_0) al mediului linier deformabil (pe care reazemă dale de beton) se stabilește în funcție de caracteristicile terenului de fundație, caracteristicile materialelor din care sînt alcătuite straturile sistemului rutier existent, valorile modulelor de deformație obținute pentru straturile constituate ale sistemului rutier existent și modulul de deformație echivalent ($E_{0\text{ech}}$) la nivelul superior al sistemului rutier.

Modulul de elasticitate echivalent al complexului rutier pe sectorul luat în considerare se calculează cu relația [60] :

$$E_{0\text{ech}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{P \cdot D}{d_c} (1 - \mu^2) \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (4.9)$$

în care:

- P este presiunea de contact a pneului ;
- D - diametrul cercului echivalent suprafeței de contact ;
- μ - coeficientul lui Poisson pentru sistemul rutier ;
- d_c - deformație elastică caracteristică a sectorului de drum ce urmează să fie renforsat.

Calculul grosimii dalei din beton se efectuează considerînd că încărcarea se aplică în trei puncte : în mijloc, la margine și pe colț folosind relația :

$$h = \sqrt{\alpha_K \cdot \psi \cdot P / R_{\text{inc}}^{\text{ad}}} \quad [\text{cm}] \quad (4.10)$$

în care :

α_K este coeficient care ține seama de poziția sarcinii P pe planul dalei ;

ψ - coeficient de impact ;

P - sarcina pe roată a vehiculului de calcul, în daN;

R_{inc}^{ad} - rezistența admisibilă a betonului la încovoiere în daN/cm².

Verificarea dalei la solicitările combinate din trafic și variațiile de temperatură se face cu relația :

$$\sigma_{max} = \sigma_i + 0,8 \sigma_t \cdot C < R_{inc}^{ad} \quad [daN/cm^2] \quad (4.11)$$

în care :

σ_i este efortul unitar de încovoiere datorită încărcărilor date de vehicule ;

σ_t - efortul unitar de întindere datorită diferențelor de temperatură dintre fețele dalei ;

C - factor de corecție, care ține seama de combinație dintre eforturi .

Eforturile unitare de încovoiere datorită încărcărilor date de vehicule se calculează cu relația :

$$\sigma_i = \alpha_K \cdot \psi \cdot P / h^2 \quad [daN/cm^2] \quad (4.12)$$

unde :

h este grosimea dalei, în cm ;

α_K - valoarea coeficientului α_1, α_2 , în funcție de aplicarea a sarcinii P ;

P - sarcina pe roată a vehiculului de calcul, în daN.

Eforturile unitare de întindere care se produc din cauza diferențelor de temperatură dintre fețele dalei, se determină cu relațiile [7]:

$$\text{- la mijlocul dalei : } \sigma_{t_1} = \frac{\alpha \cdot t \cdot E'}{2} \cdot \frac{C_x + \mu \cdot C_y}{1 - \mu^2} \quad [daN/cm^2] \quad (4.13)$$

$$\text{- la marginea dalei : } \sigma_{t_2} = \frac{\alpha \cdot t \cdot E'}{2} \cdot C_x \quad [daN/cm^2] \quad (4.14)$$

$$\text{- la colțul dalei : } \sigma_{t_3} = \frac{\alpha \cdot t \cdot E'}{3(1-\mu)} \cdot \sqrt{c/b} \quad [daN/cm^2] \quad (4.15)$$

unde :

- α - este coeficientul de dilatare termică a betonului ;
t - diferența de temperatură între fața superioară și inferioară a dalei ;
E' - modulul de elasticitate al betonului pentru încărcări de lungă durată ;
 μ - coeficientul lui Poisson ($\mu=0,19$, pentru beton) ;
s - distanța dintre centrul solicitării și colțul dalei, în cm ($s = ak\sqrt{2}$) ;
 C_x, C_y - coeficienți care se determină în funcție de lungimea dalei între rosturile de contracție și lățimea dalei, în cm .

Verificarea dalei se face la acțiunea simultană a încărcărilor din trafic și a eforturilor produse de diferențele de temperatură care se produc între fața superioară și inferioară a dalei [65].

4.8.2. Dimensionarea ranforsării cu beton de ciment a sistemelor rutiere rigide

Metoda de dimensionare a ranforsării cu beton de ciment a sistemelor rutiere rigide diferă net de cea utilizată pentru dimensionarea ranforsării cu beton de ciment a sistemelor rutiere nerigide [28].

Dimensionarea grosimii dalelor noi din beton ale căror rosturi trebuie să se suprapună peste rosturile din îmbrăcămintea veche, se bazează pe formule care țin seama de aderența dintre îmbrăcămintea veche și cea nouă.

Calculul pentru stabilirea grosimii ranforsării cu beton de ciment a sistemelor rutiere rigide se face pe baza următoarelor relații [66]:

1 - dalele sînt neaderente : $HR = \sqrt{H^2 - cH_0^2}$ [cm] (4.16)

- dalele sînt parțial aderente : $HR = \sqrt{11^{1,4} - cH_0^{1,4}}$ [cm] (4.17)

- dalele sînt aderente : $HR = \sqrt{1,13 H^{1,87} - cH_0^2}$ [cm] (4.18)

În care:

- HR - este grosimea ranforsării (dalei noi), în cm ;
H - grosimea echivalentă a îmbrăcămintei din beton ciment a noului sistem rutier rigid, în cm ;
 H_0 - grosimea îmbrăcămintei din beton de ciment existent (dalei existente), în cm ;

c - factor care ține seama de starea de fisurare a îmbrăcămintei existente.

Factorul "c" care ține seama de starea îmbrăcămintei existente, are următoarele valori :

- c = 1,00 : îmbrăcămintea existentă este în stare bună, fără crăpături ;
- c = 0,75 : îmbrăcămintea existentă are fisuri însă fără degradări (dale cu colțuri rupte) ;
- c = 0,35 : îmbrăcămintea existentă este în stare rea (distrusă).

Parametrii de calcul la dimensionarea renforsării sistemelor rutiere rigide sînt următorii :

- intensitatea traficului de calcul ;
- caracteristicile betonului din îmbrăcămintea existentă ;
- caracteristicile betonului renforsării (rezistența admisibilă la încovoiere, modulul de elasticitate al betonului și modulul de elasticitate al betonului pentru încărcările de lungă durată) ;
- modulul de deformație (E_0) al mediului liniar deformabil pe care reazemă dala de beton existentă.

În cazul când grosimea rezultată este mai mică de 16 cm , se va adopta grosimea de 16 cm [28].

4.9. CONCLUZII ȘI PROPUNERI

Din prezentarea celor câteva metode de calcul al renforșării complexelor rutiere folosite pe plan mondial, reiese că ele pot fi sintetic grupate astfel :

- metode experimentale bazate în general pe teoria deflexiunii deformației admisibile limită ;
- metode analitice, bazate pe teoria elasticității, aplicată sistemelor multistrat elastice ;
- metoda deformației admisibile la oboseală și formarea fâșagelor etc.

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 elastice. Pe de altă parte însă, o serie de parametri adoptați de unele țări sînt în strînsă legătură cu mărirea deflexiunii așa cum sînt întinderoa la baza steturilor, capacitatea portantă a ansamblului complexului rutier, apariția fisurilor, a fâșagelor etc.

În ceea ce privește problema renforșării complexelor rutiere ale rețelei de drumuri din Iran, este necesar de menționat că din nefericire Ministerul de drumuri din Iran nu a elaborat o metodă exactă de calcul al renforșării complexelor rutiere (măsură pentru standardizarea metodei).

Este necesar de menționat că inginerii iranieni de obicei procedează la o renforșare a complexului rutier atunci cînd deja s-a depășit durata de exploatare a acestuia și au apărut o serie de defecțiuni la nivelul îmbrăcăminteii.

aproximativ 50 % din lungimea totală a rețelei de drumuri din Iran a fost construită și modernizată între anii 1965-1978. După revoluția din 1978 datorită existenței diferitelor guverne și ca urmare a războiului de lungă durată (aproape de opt ani) cu Irakul, nu s-a acordat atenția necesară stării tehnice a acestor drumuri. Aceste drumuri în curînd vor atinge limite duratei de exploatare și o întîrziere a renforșării față de momentul optim, duce la creșterea grosimii de renforșare. Pe de altă parte, avînd în vedere suprafața destul de mare a Iranului și distanțe-

le mari dintre orașe (peste 500 km) neacordarea atenției necesare din partea Ministerului de drumuri în legătură cu problema ranforsării poate duce la o catastrofă economică.

Din punct de vedere al intensității circulației, rețeaua de drumuri din Iran poate fi grupată în trei categorii :

- drumuri cu trafic foarte greu ;
- drumuri cu trafic greu ;
- drumuri cu trafic ușor și foarte ușor.

Drumuri cu trafic foarte greu (lungimea totală a drumurilor cu trafic foarte greu fiind de 5 000 km), pe care circulă în majoritate autovehiculele grele (camioane cu remorci). Sînt în general drumurile dintre porturi (din Golful Persic) și orașele importante situate în zona sudică a țării. Aici temperatura mediului ambiant fiind foarte ridicată și datorită faptului că traficul este compus în mare parte din autovehiculele grele cu sarcini pe osie de peste 100 kN, se impune necesitatea ranforsării complexelor rutiere nerigide existente cu un strat din beton de ciment.

Drumuri cu trafic greu (lungimea lor este 11 000 km) sînt legate între capitala țării și orașele importante (după cum se vede din fig.1.3, orașele importante cu mai mulți locuitori se află în partea nordică și vestică a țării). Acestea se ramifică în trei direcții : una spre vest către Turcia și U.R.S.S., una spre sudul Teheranului și aproape de centrul țării și una spre nord-est și zona Mării Caspice. Lungimea principalelor drumuri între aceste orașe sînt :

- . Teheran-Rašt 200 km ;
- . Teheran-Sari 150 km ;
- . Teheran-Esichan 350 km .

Pe aceste drumuri circulă aproximativ 70 % din totalul de 12 milioane de autovehicule ușoare din Iran. Circulă de asemenea și autovehiculele grele, dar în număr mai redus, deoarece transportul de mărfuri se efectuează și pe rețeaua de căi ferate existente în aceste zone. Pentru aceste drumuri se fac următoarele propuneri :

- ranforsarea complexului rutier să se facă prin aplicarea unor straturi din mixturi asfaltice, a căror grosime să se determine prin metode Asphalt Institut a cărei aplicare nu necesită studii speciale de convergură ;

- construcția pe lângă drumurile existente a unei rețele de autostrăzi între capitală și orașele apropiate (amintite anterior) și sporirea circulației autovehiculelor grele de cele ușoare. Soluția nu pare economică dar ținând seama de faptul că Iranul dispune de mari resurse de petrol și deci obținerea unei cantități mari de bitum nu pune probleme deosebite, planul s-ar putea realiza. În sferă de aceeași natură, traficul crește permanent, mai ales între orașele din jurul capitalei.

Drumuri cu trafic ușor și foarte ușor (lungimea totală este în jur de 50 000 km) sînt pietruite sau cu sisteme rutiere prevăzute cu îmbrăcăminți bituminose ușoare realizate din anrobate bituminose. Aceste drumuri fac legătura între orașele secundare și comare (sau sat) și au un trafic foarte redus alcătuit în majoritate din motociclete și căruțe și foarte puține autovehicule.

Ministerul de drumuri din Iran, cu ajutorul organelor locale face întreținerea acestor drumuri prin aplicarea periodică a unor tratamente bituminose și executarea lucrărilor curente de întreținere, dar nu se poate vorbi de o ranforsare a complexului rutier pe aceste drumuri.

În continuare se fac unele propuneri în vederea abordării raționale a problemei ranforsării sistemelor rutiere pe drumurile din Iran.

În acest sens se impune luarea în considerare a următoarelor obiective în vederea ranforsării complexelor rutiere existente :

- stabilirea unei metodologii de investigare a stării tehnice a drumurilor și a traficului rutier ;
- adoptarea unei metode de calcul al ranforsării ;
- fixarea unei strategii de ranforsare ;
- stabilirea tehnologiilor de ranforsare.

Referitor la investigarea stării tehnice a drumurilor trebuie să se aibă în vedere în primul rînd deformabilitatea complexelor rutiere existente care se poate determina, cu un randament mare folosind deflectograful Lecroix. Pe baza valorilor efective ale deflexiunilor înregistrate se apreciază capacitatea portantă a complexelor rutiere existente, rezultînd necesitatea ranforsării acestora.

De asemenea, pe lângă deformabilitatea complexului rutier trebuie avute în vedere starea de degradare a îmbrăcăminții și

alți parametri cum ar fi planicitatea și rugozitatea suprafeței de rulare.

În ceea ce privește traficul rutier se necesită implementarea unui sistem de urmărire permanentă a acestuia, care să permită obținerea de informații privind valoarea intensității circulației, componența acesteia, volumul traficului greu etc. și evoluția în timp a acestora. Pe baza traficului de perspectivă urmează să se determine grosimea necesară a straturilor de ranforsare.

Pentru calculul grosimii straturilor de ranforsare se propune adoptarea metodelor AASHO, care sînt simple, operative și pot fi aplicate cu ușurință.

Cu privire la strategia de ranforsare se propune stabilirea unor criterii prioritare în funcție de importanța drumului pentru economie națională și de alți factori, care să stea la baza elaborării unui program de ranforsare. Este foarte important ca la stabilirea priorităților să se aibă în vedere starea tehnică a drumurilor existente, durata de exploatare, caracteristicile traficului, în funcție de care trebuie ales momentul optim de ranforsare. Depășirea momentului optim conduce la înăbușărea rapidă a stării tehnice a drumului, ceea ce implică sporirea cheltuielilor de întreținere și exploatare, respectiv de ranforsare ulterioară a complexelor rutiere.

În ceea ce privește tehnologiile de ranforsare se propune ca la adoptarea ranforsării cu straturi din mixturi asfaltice sau beton de ciment să se aibă în vedere categoria drumurilor și condițiile climatice specifice, așa cum s-a arătat anterior. De asemenea trebuie avute în vedere resursele materiale disponibile în zonă astfel încît să se folosească în special materialele locale, ceea ce contribuie la reducerea costului lucrărilor.

Aplicarea unor programe fundamentate științific pentru ranforsarea complexelor rutiere existente are consecințe favorabile atât asupra costului lucrărilor cît și în ceea ce privește volumul lucrărilor de întreținere și a cheltuielilor de exploatare ulterioară.

CAPITOLUL V

UTILIZAREA MIXTURILOR ASFALTICE ÎN TEHNICA RUTIERĂ

Mixturile asfaltice sînt materiale de construcții realizate din amestecuri obținute pe baze unor dozeze judicios stabilite, din agregate naturale sau artificiale și filer aglomerate cu bitum printr-o tehnologie adecvată. Mixturile asfaltice au multiple întrebunțări, dar sînt folosite mai ales pentru realizarea îmbrăcăminților rutiere bituminoase și a straturilor de bază [29].

În general mixturile asfaltice se folosesc la realizarea îmbrăcăminților rutiere bituminoase și a straturilor de bază. Ele asigură realizarea unor straturi rutiere durabile și care oferă utilizatorilor un confort sporit.

Stabilitatea și durabilitatea pe care o conferă straturilor bituminoase depind de capacitatea lor de rezistență la acțiunea cumulată a agenților climaterici și a traficului.

Pe plan mondial există mai multe criterii de clasificare a mixturilor asfaltice, în funcție de natura agregatelor naturale, după dimensiunea maximă a granulei sau după modul de preparare. Luînd în considerare modul de preparare, se poate admite clasificarea mixturilor asfaltice în două categorii și anume:

- mixturi asfaltice preparate la cald ;
- mixturi asfaltice preparate la rece.

Criticare ar fi modul de preparare a mixturilor asfaltice, scheletul lor de rezistență îl formează agregatele naturale care au un rol foarte important în obținerea unor mixturi de calitate.

Indiferent de țara în care se folosește, mixtura asfaltică pentru construcția și întreținerea drumurilor, trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice :

- rezistență la fluej sub sarcini statice de durată și sub sarcini dinamice repetate ;

- flexibilitate sau suplețe ;
- rezistență la uzură ;
- rugozitate în timpul exploatării ;
- impermeabilitate.

Se poate afirma că pentru a obține mixturi asfaltice cu caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare trebuie avute în vedere și următoarele condiții [29]:

- proiectarea unui dozaj pentru mixturi asfaltice, astfel încât stratul bituminos ce urmează a fi executat cu această să reziste solicitărilor și condițiilor de exploatare ;
- producerea mixturii asfaltice în condițiile proiectate folosindu-se instalații care permit aplicarea dozajelor și controlul fabricației ;
- punerea în operă a mixturii asfaltice în condiții de calitate corespunzătoare ;
- efectuarea unei compactări deosebit de îngrijite, respectându-se în totalitate tehnologia și condițiile de compactare.

Mixturile asfaltice realizate în doze corespunzătoare puse în operă și compactate în bune condiții asigură realizarea unor straturi rutiere durabile și care oferă utilizatorilor un confort sporit.

5.1. CALITATEA ȘI COMPOZIȚIA MIXTURILOR ASFALTICE

Comportarea drumurilor în exploatare a arătat că în condițiile de trafic intens și greu din ultimele decenii, nu este totdeauna posibil să se satisfacă astfel de cerințe întrucât pe măsura evoluției lui s-a produs o accentuată creștere a proceselor de degradare și cu deosebire în condițiile temperaturilor atmosferice extreme care favorizează fie deteriorarea prin apariția fenomenelor de deformare plastică fie deteriorarea datorită rigidizării excesive prin fisurare. În aceste condiții acțiunea traficului și în special a celui greu se însumează condițiilor climatice și accentuează degradarea prin fenomen de oboseală [15].

Tinându-se seama de aceste considerente, proprietățile mecanice pe care trebuie să le aștepte un strat rutier bituminos și proprietățile unei mixturi asfaltice se apreciază că trebuie să corespundă relației înscrise în scheme prezentată în fig.

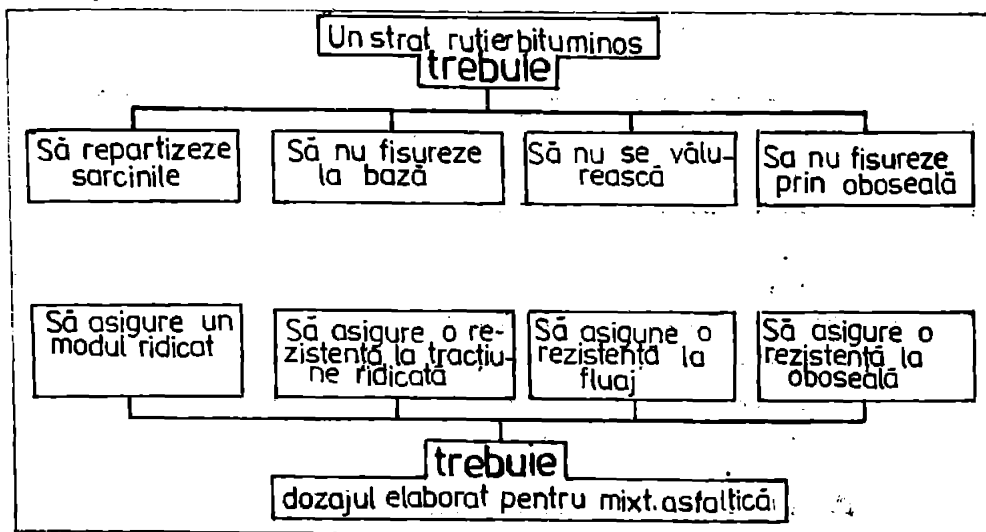


Fig.5.1. Cerințe de calitate pentru straturile rutiere bituminose.

Lozajele mixturilor asfaltice trebuie elaborate cu deosebită grijă. În tabelul 5.1 se prezintă câteva tipuri de mixturi asfaltice frecvent folosite în Europa în funcție de doza-jele lor.

Tabelul 5.1

Proportia orientativă a constituenților

Tipuri de mixturi asfal- tice frecvent folosite în Europa	Cribluri %	Nisip %	Filer %	Bitum %
Mortar asfaltic	-	80...85	20...15	9...11
Beton asfaltic sărec în criblură	20...35	50...70	10...15	6... 8
Beton asfaltic bogat în criblură	40...60	25...50	8...12	6... 7
Beton asfaltic des- chis pentru stratul de legătură.	65...80	15...30	2... 6	4... 5
Asfalt turnat dur	35...40	35...45	20...25	8... 9

Se menționează că inginerul din sectorul rutier nu tre-buie să aplice în mod mecanic "dozaje standard" ci să elaboreze dozaje, respectând principiile generale, astfel încât acestea să corespundă solicitărilor.

Agregatele naturale utilizate la prepararea mixturilor asfaltice trebuie să prezinte o serie de caracteristici de ca-litate, dintre care se menționează în mod special următoarele:
- să fie curate, să nu conțină impurități ;

- să fie omogene (din punct de vedere mineralogic) ;
- să provină din roci de natură bazică sau neutră ;
- forma granulelor să fie poliedrică (fără granule lamelare și sciculare) ;
- agregatele trebuie să fie foarte rezistente la uzură.

Filerul pentru mixturi asfaltice cel mai frecvent utilizat în Europa, este obținut prin măcinarea pietrei de calcar. Filerul mărește domeniul de plasticitate al bitumului și îmbunătățește adhezivitatea la agregatul natural. De asemenea mărește frecarea interioară din bitum și coeziunea bitumului și prin aceeași îmbunătățește comportarea mixturii la solicitări statice și la rupere [4].

Bitumul are un rol preponderent în mixturile asfaltice, fiind liantul care aglomerează agregatele, la asigură coeziunea și impermeabilitatea pe tot parcursul exploatării. Tipul bitumului ce se folosește se alege în funcție de tipul mixturii asfaltice. În majoritatea țărilor din Europa, pentru marea majoritate a mixturilor asfaltice se alege bitumul D 60/120, excepție face asfaltul turnat care se realizează cu un bitum mai dur D 40/50.

Bitumul amestecat cu filer își schimbă greu compoziția chimică, împiedică îmbătrânirea bitumului acționând astfel încât bitumul să-și păstreze timp îndelungat proprietățile lui de liant.

Un rol preponderent în majoritatea țărilor din Europa revine betoanelor asfaltice folosite atât în stratul de uzură, cât și în cel de legătură. Pentru stratul de uzură există o largă gamă de betoane asfaltice. ...

În general, betoanele asfaltice executate la cald folosite în stratul de uzură se caracterizează prin compoziții foarte bine studiate și care diferă de la o țară la alta. În tabelul 5.2. sînt date diferite tipuri de betoane asfaltice folosite în câteva țări [63].

Pentru stratul de uzură se utilizează pe scară largă în R.F.G. asfaltul turnat, a cărui compoziție medie este următoarea :

- | | |
|---|-------------|
| - agregate concasate 2...8 mm | 40...50 % ; |
| - nisip natural și concasaj, rest pînă la | ...100 % ; |
| - filer | 20...30 % ; |

La fabricarea asfaltului turnat se folosește bitumul dur cu penetrație 45 zecimi de mm la 25 °C, în proporție de 6,8... 8,8 %, din care cel puțin 20,0 % este alcătuit din bitum de Trinidad.

Tabelul 5.2

Tara	Limens. max. a. granulei (mm)	Agregate conc. (%)	Filer (%)	Bitum (%)	Volum de goluri (%)	Compac. titate %
Belgie	12...22	30...50	6,5...135	6...9	-	-
România	8...16	40...60	8...14	65...75	5	98,0
Elveția	6...25	20...70	3...11	45...70	3...6	98,0
Franta	10...14	50...70	6...9	5...6	3...8	95,0
Italia	16	60...70	6...11	4...7	3...6	95,0
Canada	16	30...65	8	-	2...4	98,0
Finlanda	8...25	35...75	6...12	-	-	-
Olanda	16	50...62	8	-	4	98,0

În Anglia și în țările scandinave asfaltul turnat se folosește pe scară largă, iar pentru asigurarea rugozității se folosesc granule preanrobate cu dimensiunile 15...20 mm [29].

Volumul de goluri dintre granule depinde de mărimea și forma granulelor, precum și de gradul de neuniformitate. Materialele cu granule de mărimi apropiate au un volum de goluri mult mai mare decât amestecurile de granule de diferite mărimi. Totocată materialele cu granule mici au un volum de goluri mai mare decât materialele formate din granule mari.

La betoanele asfaltice, amestecul de agregate naturale în stare îndecată standard trebuie să aibă un volum de goluri de cel mult 18...22 %. Pentru fiecare tip de mixtură asfaltică, granulozitatea agregatelor trebuie să se încadreze în anumite zone, ale căror limite au fost stabilite pe baza încercărilor de laborator.

La materialele anrobate, toate granulele agregatului trebuie să fie învelite într-o peliculă de bitum. Grosimea peliculei

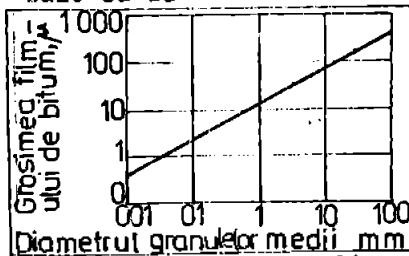


Fig. 5.2. Grosimea peliculei de bitum adsorbit în funcție de mărimea granulei.

de bitum variază în raport cu dimensiunea granulelor, cu cât granula este mai mare cu atât și pelicula de bitum necesară este mai grossă (fig. 5.2). Pentru o granulă de filer este necesară o peliculă de 3...4 μ, iar pentru o granulă de criblură medie este necesară

o peliculă de 0,1 mm.

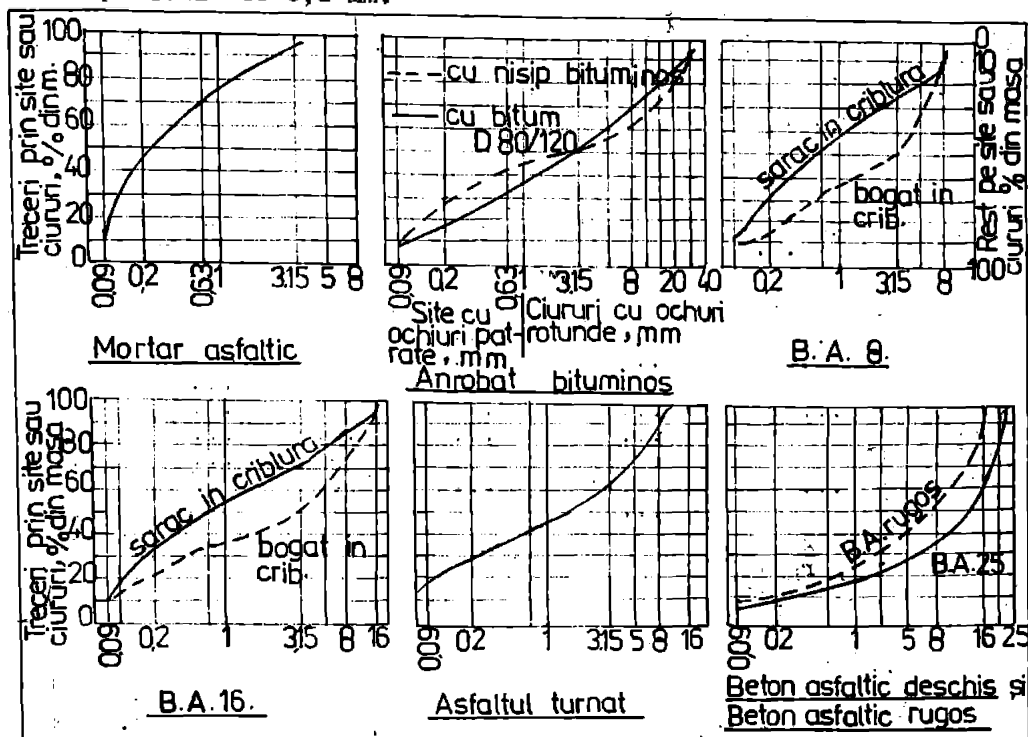


Fig.5.3. Granulozități pentru diferite tipuri mixturi asfaltice

Pentru alcătuirea celor mai adecvate compoziții ale mixturilor asfaltice trebuie să se aleagă astfel componentii de bază : agregate, filer și bitum, încât să corespundă factorilor de climă, trafic și stratului bituminos în care urmează să se folosească mixtura asfaltică respectivă. Pentru a pune în evidență granulozitatea agregatelor folosite la realizarea diferitelor tipuri de mixturi, în fig.5.3. sînt prezentate curbele de granulozitate ale mixturilor asfaltice cele mai des utilizate în majoritatea țărilor din Europe.

Pentru stabilirea calității mixturilor asfaltice, a anrobatelor și a îmbrăcămintelor bituminoase, executate cu diferiți lianți bituminoși, sînt necesare o serie de încercări de laborator, care se efectuează pe probe de mixtură. Pe baza lor se apreciază calitatea îmbrăcămintelor bituminoase și se iau măsuri în consecință. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice cele mai utilizate sînt indicate în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3.

Caracteristici fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice

Tipul mixturii	Anrobate bitumi - noase	Asfal- tul turnat	Betoane asf. rugos	Betoane asf. atene	Mixturi asf. din bitum cu sulf*
Densitatea aparentă, dak/m ³	2230	2400	2350	2350	2280
Absorbția de apă, % volum	8...11	0...1	4...7	0...2	4,5...5
Rezistența la compresiune la 22 °C, dak/cm ² , min	24...26	30...35	30	30	36
Rezistența la compresiune la 50 °C, dak/cm ² , min		15...17	7	15	
Reducerea rezistenței la compresiune la 22 °C la 28 zile de păstrare în apă, % max.		10	20	22	
Stabilitate Marshall (dak)	300	400...500	600...950	550...650	850
Indice de curgere (fluaj) I, la 60 °C în mm.	15...45	15...45	15...45	15...45	15...45
Raportul S/I, dak/mm	100	100...150	200	150	200
Conținut de bitum, %	45...6	7...9	5,7...6	6,5...8	7

* Beton asfaltic cu agregat mărunț bogat în oriblură (70% bitum+ 30% sulf).

Calitatea mixturilor asfaltice și a îmbrăcăminților bituminoase este unul dintre factorii de bază care influențează în mod direct siguranța și confortul circulației, precum și eficiența transporturilor rutiere.

5.2. MIXTURI ASFALTICE SPECIALE

Mixturile asfaltice speciale au, de regulă, o utilizare mai restrânsă, însă prezintă o serie de caracteristici deosebite de ale mixturilor asfaltice clasice datorită condițiilor speciale în care acestea se realizează. Aceste condiții sînt determinate de materialele utilizate sau de compoziția adoptată care conferă mixturii asfaltice proprietăți superioare din anumite puncte de vedere [29].

Studiul și realizarea unor mixturi asfaltice speciale, cu performanțe superioare au drept scop executarea unor straturi rutiere cu caracteristici deosebite și întrebuințări bine definite,

dintre care se menționează :

- obținerea unor mixturi asfaltice care să poată fi pu-
se în operă în straturi subțiri, cu suprafețe rugoase,
utilizate îndeosebi în activitatea de întreținere a
drumurilor ;
- realizarea unor mixturi asfaltice capabile de a supor-
ta deformații mari, sub eforturi repetate, care ar urma
să fie utilizate, de exemplu pe poduri;
- aplicarea unor covorașe asfaltice pe îmbrăcăminți din
beton de ciment fisurate, realizate cu mixturi asfal-
tice speciale.

O mare parte dintre mixturile asfaltice speciale sînt realizate utilizînd lianți bituminoși modificați, obținuți cu diverse adăosuri cum ar fi: polimeri, cauciuc, rășini termo-
plastice, sulf etc.

De asemenea în categoria mixturilor asfaltice speciale se includ și cele realizate cu materiale și cu compoziții deosebite de cele practicate în mod curent pe șantierele de drumuri. Astfel sînt mixturile asfaltice cu grănuliț, mixturile asfal-
tice colorate sau mixturile asfaltice realizate la rece cu emul-
sionare bituminoasă cationică etc.

5.2.1. Mixturi asfaltice cu bitum-sulf

Sulful provine din industria minieră, a gazului metan sau a petrolului prin desulfurare. Compoziția mixturilor asfaltice din punctul de vedere al scheletului mineral nu diferă față de cea clasică. Sulful poate fi folosit în fază solidă sau lichidă, astfel încît el poate fi adăugat în bitum sau direct în mix-
tura asfaltică, în timpul malaxării [51], [29].

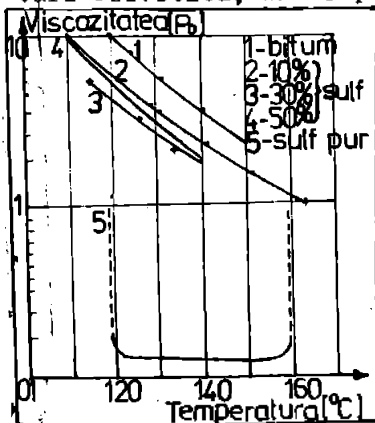


Fig. 5.4. Vîscozitatea bitumului, sulfului și a diverselor e-

Se constată că mixturile asfaltice cu bitum și sulf sînt mai ușor luabile și se compactează mai bine decît cele cu bitum.

Vîscozitatea foarte redusă a sulfului face ca acesta să joace un rol de fluidifiant în bitum, liantul bitum-sulf avînd o vîscozitate mai redusă decît a bitumului de bază (fig.5.4). La temperatura ambientă, dacă este proaspăt, liantul bitum-sulf este mai moale decît bi-

tumul [72].

Deosebit de interesantă și de favorabilă este influența sulfurii asupra comportării mixturilor asfaltice la formarea deformațiilor plastice (făgașe). Dacă pentru mixturi asfaltice cu agregate concesse, diferențele de comportare sînt relativ mici, aceste diferențe devin foarte importante în cazul utilizării la prepararea mixturilor asfaltice a agregatelor de balastieră (fig.5.5). Aceaste prezintă o deosebită importanță practică, evînd în vedere creșterea riscului de formare a deformațiilor plastice în etapa actuală datorită traficului greu [25].

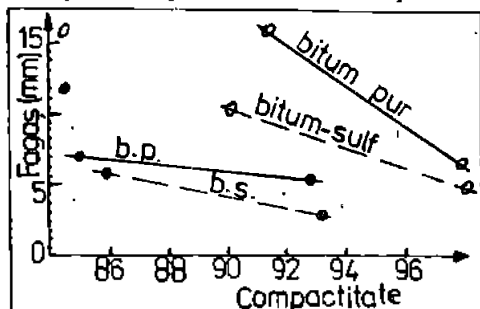


Fig.5.5. Comportarea mixturilor asfaltice cu bitum-sulf la formarea făgașelor.

Liantul bitum-sulf a fost de asemenea experimentat la prepararea asfaltului turnat prin înlocuirea unei părți a fillerului cu un volum egal de sulf. Compoziția optimă a rezultat pentru: 50 % oriblură 3-10; 28 % nisip natural; 16 % filler; 6 % sulf și 7 % bitum.

În ceea ce privește eficiența economică a mixturilor asfaltice cu bitum-sulf, aceasta este direct legată de prețul sulfurii

care diferă de la țară la țară. În ultimii ani, s-a studiat în diverse țări posibilitatea folosirii sulfurii ca adăos în bitum. În Canada, de exemplu, producția de sulf din anul 1978 s-a ridicat la 8 milioane tone. În R.S.România s-au executat sectoare experimentale pe drumurile județene din Argeș (Pitești), care se comportă corespunzător după 6 ani de exploatare [25].

5.2.2. Mixturi asfaltice cu bitum-polimeri

În ultimii ani, în scopul îmbunătățirii caracteristicilor mixturilor asfaltice, în special în ceea ce privește comportarea la formarea deformațiilor plastice și la oboseală, s-au experimentat soluții care utilizează pentru anrobarea agregatelor naturale, lianți hidrocarbonați cu adăosuri de polimeri de diverse tipuri [51], [29].

Dintre soluțiile experimentate pe plan mondial și care au dat rezultate bune se menționează mixturile asfaltice tip "Routoflex", tip "driiflex" și cele de tip "Accorex".

Mixturile asfaltice tip "Routoflex" se realizează pe baza

Unui liant bituminos compus din : bitum D 40/50 sau D 60/70, un elastomer cu greutate moleculară mică și un copolimer de natură elastotermoplastică.

Elastomerul conferă bitumului suplețe, plasticitate și flexibilitate, efectul acestuia resimțindu-se mai ales la temperaturi scăzute (sub -5°C). De asemenea copolimerul îmbunătățește proprietățile bitumului din punct de vedere al consistenței, coeziunii și adhezivității [73].

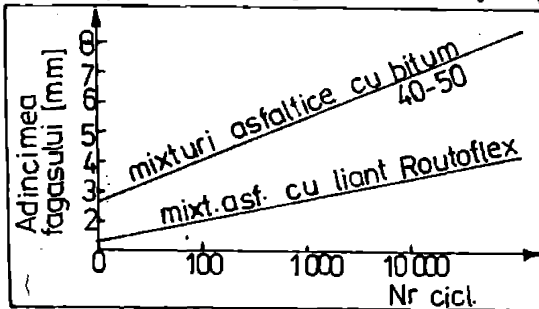


Fig. 5.6. Incercări cu simulatorul cu fâgășe.

Se observă că în cazul mixturii din bitum cu polimeri adâncimea fâgășului la același ciclu este cu circa 40 % mai mică decât în cazul bitumului D 40/50 (fig. 5.6).

La realizarea ^{unor} astfel de îmbrăcămînți se folosesc în general criblură (8...14 mm)

70 %, nisip (0...2 mm) 25 %, filer 4 % și liant (bitum cu polimeri) raportat la masa agregatului 5,5 %.

Mixturile asfaltice din bitum cu polimeri se recomandă pentru îmbrăcămînți rutiere pe drumurile supuse unor condiții climatice foarte severe, covore asfaltice cu grosime mică, pentru straturi de uzură pe străzi puternic solicitate de trafic greu și pentru renforșarea sistemelor rutiere existente.

5.2.3. Mixturi asfaltice colorate

Mixturile asfaltice colorate se produc în scopul realizării unor îmbrăcămînți bituminoase speciale, pe plan mondial constatându-se două tendințe în acest domeniu : una de "albire" și alta de "colorare" a suprafeței îmbrăcămînții bituminoase [25], [29].

Obținerea mixturilor asfaltice de culoare deschisă se realizează pe baza unor doze speciale, utilizând agregate naturale de culoare deschisă, agregate sintetice, bitumuri de culoare deschisă sau diverse adosuri cum ar fi: pulbere sau granule de aluminiu, dozeuri de porțelen, bentonită calcinată etc. Îmbrăcămînțile bituminoase de culoare deschisă care se obțin prezintă avantajele din punct de vedere al vizibilității, fiind recomandate în sectoare de drum situate în tuneluri, pasaje subterane sau

scop unde intensitatea traficului pe timp de noapte este mare.

Ca liant s-a folosit bitumul D 80/120 în proporție de 7,5% din masa mixturii asfaltice. Caracteristicile fizico-mecanice obținute au fost corespunzătoare, remarcându-se stabilitatea Marshall ridicată (1500 dak), indicele de curgere 4,2 mm și rezistența la compresiune la 22 °C egală cu 50 dak/cm².

De regulă costul amestecurilor asfaltice colorate este mai mare decât al celor obișnuite, ceea ce nu permite generalizarea folosirii lor la executarea îmbrăcămintilor bituminoase [71].

5.2.4. Mixturi asfaltice cu bitum-cauciuc

Utilizarea liantului bitum-cauciuc permite obținerea unor mixturi asfaltice cu o elasticitate sporită, deci cu o mare capacitate de deformare și cu rezistența la oboseală îmbunătățită. Se menționează că sporirea capacității de deformare nu afectează negativ rezistența la deformări plastice [73].

Acest tip de mixturi asfaltice prezintă o bună stabilitate pe timp cald și au o rigiditate și fragilitate mult mai mică, iar pe timp rece și la îngheț. Ele rezistă astfel fără să se fisureze la încălziri repetate.

Efectul conjugat al temperaturii de amestec și uleiurilor permite umflarea particulelor de cauciuc, obținându-se în final un gel bitum-cauciuc (fig.5.7). De asemenea evoluția viscozității

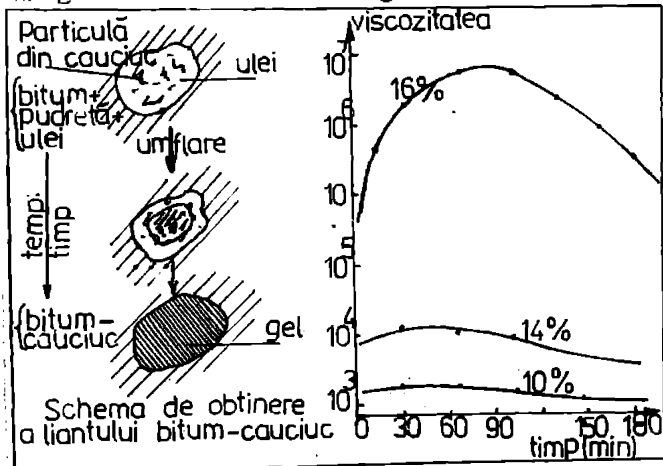


Fig.5.7. Evoluția viscozității dinamice a bitumului-cauciuc în timpul amestecării.

zitate discontinuă.

5.2.5. Mixturi asfaltice cu granulo-

Realizarea mixturilor asfaltice cu granulozitate discontinuă are drept scop, pe lângă diversificarea acestora și obținerea unor mixturi asfaltice din compoziția cărora să lipsească anumite sorturi de materiale, care sînt deficitare la un moment dat pe diferite șantiere. În acest sens s-au efectuat studii de laborator care au vizat obținerea unor mixturi asfaltice de tipul B.A.16, fără criblură 3-8 [4].

Valorile caracteristicilor fizico-mecanice sînt corespunzătoare, ceea ce demonstrează că se poate realiza betonul asfaltic cu granulozitate discontinuă prin eliminarea sortului de criblură 3-8.

5.2.6. Mixturi asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă

Folosirea emulsiilor bituminoase în tehnica rutieră; din ce în ce mai frecventă în etapa actuală, permite executarea lucrărilor la rece, fără a mai fi necesară încălzirea lientului și a agregatelor naturale. Prepararea mixturilor asfaltice utilizînd ca lient emulsie bituminoasă se aplică în prezent pe plan mondial folosînd diverse instalații speciale, fixe sau mobile [71].

Pentru prepararea mixturilor asfaltice la rece se folosește de obicei emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă [27].

Dintre mixturile asfaltice executate la rece cel mai răspîndit este mortarul asfaltic, preparat cu suspensie de bitum filerizat, care servește la executarea unor covoare pentru protejarea pietruirilor (mortarul se prepară cu nisip 0-7 mm, o parte din nisip poate fi de concasă).

Conținutul de bitum al mortarului este de 8...10 % din masa agregatului uscat și se stabilește pe baza volumului de goluri.

5.2.7. Mixturi asfaltice executate cu granulat

Granulitul face parte din categoria agregatelor naturale ușoare și se obține prin expansiunea argilelor ușor fuzibile în cuptoare rotative. Argilele se faconează cu cantități reduse de apă sub formă de granule și se ard în cuptoare rotative la 1100...1200 °C. Se obțin granule de formă rotunjită cu suprafață vitrifiată și structura poroasă în interior [4], [29].

Letorită densității aparente mai mici cu 15...45 % a amesturilor asfaltice realizate cu granulit comparativ cu aceeași caracteristică a celor obținute cu cribluri și în scopul reducerii încărcărilor mai ales pe poduri, se recomandă folosirea acestora ca îmbrăcăminte bituminosă pe poduri sau îmbrăcăminte în zonele unde lipsesc criblurile dar se produce granulit.

În 1975 în S.U.A. existau peste 50 de întreprinderi, care au produs aproximativ 13 mil. tone granulit pe an, în U.R.S.S. există 30 de întreprinderi care produc 12,5 mil. tone anual, Anglia produce 1,5 mil. tone anual, în R.S.R. produce 0,5 mil. tone anual [4].

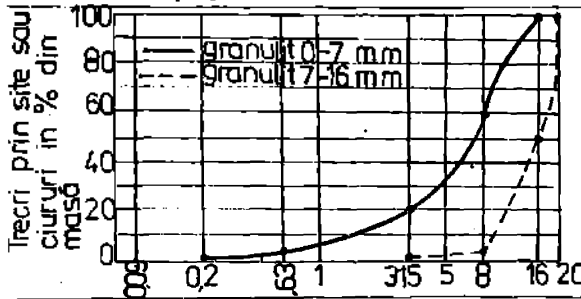


Fig. 5.6. Curbe de granulozitate pentru granulit.

de
Curbele granulozitate ale celor două sorturi de granulit sînt prezentate în fig. 5.8.

Din examinarea granulozităților corespunzătoare ale granulitului sort 0-7 și 7-16 se constată că, din acest punct de vedere se

pot înlocui corespunzător criblurile sau celelalte agregate naturale în mod obișnuit la producerea diferitelor tipuri de amesturări asfaltice [29].

În plus pentru a putea trece la utilizarea granulitului, au fost necesare studii și încercări privind rezistența la uzură (aparăt Los Angeles), fenomenul de adhezivitate între bitum și granulit, precum și cu privire la necesarul de liant pentru amesturări.

5.3. POSSIBILITĂȚI DE ADAPTARE A UNOR MIXTURI ASFALTICE LA CONDIȚIILE DIN IRAN

Caracteristicile de deformabilitate a straturilor bituminosă este o problemă importantă a construcției îmbrăcămintelor bituminosă din Iran. Trebuie luate măsuri pentru a îmbunătăți rezistența îmbrăcămintelor bituminosă la deformări.

În Iran, temperatura este mai ridicată decît în Europa. Proprietățile termoplastice ale lianților bituminoși au de ur-

are o scădere a stabilității straturilor bituminoase, odată cu creșterea temperaturii mediului ambient.

Temperatura mediului ambient de 30°C , corespunzătoare unei zile frumoase de vară poate genera o temperatură de $50...60^{\circ}\text{C}$ în primii 2 cm de la suprafața îmbrăcămintei bituminoase, la o adâncime de 10 cm temperatura scăzând cu aproximativ 10°C . Cele mai expuse straturi sînt cele de la suprafață.

Factorii de trafic care influențează negativ comportarea îmbrăcămintei rutiere bituminoase din rețeaua de drumuri din sudul Iranului, la deformații sînt :

- greutatea pe osie și presiunea în pneuri, care reprezintă măsura mărimii eforturilor unitare ce produc deformația îmbrăcămintei rutiere ;
- intensitatea traficului : cu cît intensitatea este mai mare cu atît deformațiile sînt mai mari ;
- durată aplicării sarcinilor, care este în funcție de viteza de circulație. Traficul lent este deosebit de periculos ;
- traficul canalizat și forțele orizontale exercitate de vehicule asupra îmbrăcămintelor (curbe, frînări, etc).

5.3.1. Rezistența la deformații a îmbrăcămintelor bituminoase

Comportarea la deformații a îmbrăcămintelor bituminoase, este reprezentată în diagrame de corelație între rezistența opusă la deformații și temperatura de încercare (fig.5.9). Pentru a fi ușor de exprimat, diagrame rezistenței la deformații poate fi descompusă în două zone [26].

- zone elastică ;
- zone plastică.

Dacă zona elastică este definită de forme agregatelor, zona plastică este definită de consistența liantului, conținutul de filer (puterea lui de stabilizare) și de rezistența minime a amestecurilor asfaltice.

La amestecurile asfaltice cu rezistență sporite la deformații, coeficientul de frecare crește ușor odată cu temperatura de încercare.

Zona plastică este definită de coeziunea și rezistența amestecurilor asfaltice, care scade foarte mult odată cu creșterea

rea temperaturii de încercare.

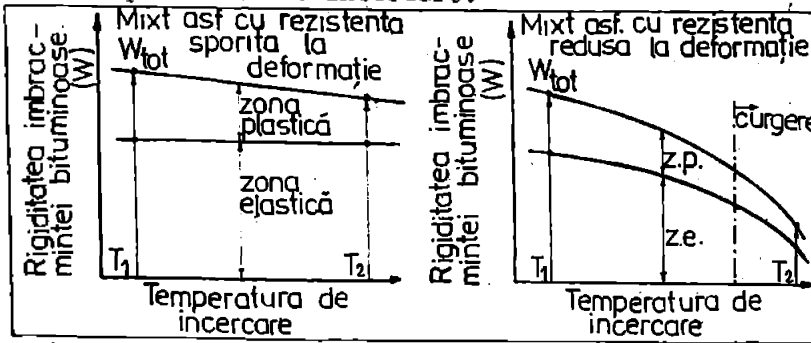


Fig.5.9. Rezistențe la deformării a îmbrăcămintelor bituminoase,

Una dintre cauzele datorită căreia îmbrăcămintele bituminoase executate și construite în Iran pierd din proprietă-

țile elastice, este compactarea necorespunzătoare, care determină crearea unor goluri. Aceste defecțiuni duc în final la formarea vălurilor.

Rolul mortarului asfaltic încetează în această fază, agregatele naturale se deplasează liber, lipsite de contact între ele, frecarea interioară tinde la zero. La temperaturile mediei corespunzătoare sudului Iranului încărcările nu mai pot fi preluate elastic, mixturile asfaltice încep să "curgă" spre marginea suprafeței de încărcare.

Comportarea mixturilor asfaltice în zone plastică depinde foarte mult de temperatura mediului și timpul de încărcare. Reducerea proprietăților termoplastice poate fi realizată și prin folosirea adăugurilor de cauciuc natural sau sintetic, cauciucul ridicând vâscozitatea mixturii asfaltice.

Dacă influența rezistențelor îmbrăcămintei bituminoase în zone plastică este influențată de temperatură și timpul de încărcare, acești factori influențază mai puțin frecarea interioară dintre agregate [26].

Se poate spune că rezistența la deformării a îmbrăcămintei bituminoase este dată de scheletul mineral, inclusiv de frecarea interioară dintre agregate.

5.3.2. Măsură pentru sporirea rezistenței la deformării a îmbrăcămintelor bituminoase

Teoretic cunoașterea cauzelor care pot provoca deformării ale îmbrăcămintei rutiere din sudul Iranului, ne permite să formulăm măsurile ce trebuie luate pentru evitarea lor și

- Sporirea coeziunii mixturii asfaltice și a vîscozității bitumului și scăderea sensibilității mixturii asfaltice la variațiile de temperatură. Avînd în vedere nivelul de dezvoltare a tehnicii de care dispune Iranul, soluția potrivită este mărirea rigidității mixturilor asfaltice ;

- mărirea frecării interioare dintre agregatele naturale prin alegerea unor materiale corespunzătoare, dozarea lor judicioasă, compactarea lor corespunzătoare ;

- proiectarea unor dozeje ale mixturilor asfaltice corespunzătoare astfel încît volumul de goluri să fie redus.

Măsurile care se iau trebuie să ducă în primul-rînd la scăderea sensibilității la variații de temperatură. Se alege un liant cu vîscozitate ridicată 1 60/70 (pentru partea centrală a țării), în cazuri extreme 1 40/50 (cazul din sudul Iranului).

Sensibilitatea la deformații plastice a îmbrăcămintelor bituminoase depinde de rigiditatea mixturii asfaltice. În literatura de specialitate pe plan mondial există două posibilități pentru a reduce sensibilitatea îmbrăcămintelor bituminoase, care pot fi introduse ușor și fără dificultate în tehnica rutieră din Iran cu scopul ridicării punctului de înmuiere al bitumului și anume:

- se ridică raportul filer-bitum din mixtura asfaltică de la 1,5:1 la 2:1 ;
- se folosesc diferite tipuri de filer cu efecte stabilizante (ambest, pulbere de cașalt)

În legătură cu prima posibilitate este necesar de menționat că mărirea cantității de agregate la același conținut de liant duce la o scădere a grosimii filmului de liant (datorită acestor cauze și a faptului că există un volum minim de goluri stabilite, există limite în privința sporirii cantității de filer).

În ceea ce privește frecarea interioară dintre agregate și influența ei asupra rezistenței îmbrăcămintei bituminoase în zona plastică este necesar de menționat că, creșterea frecării interioare a agregatelor naturale poate fi condiționată de următorii factori :

- mărirea densității agregatelor naturale ;
- folosirea criblurii provenită din roci dure, cu suprafețe aspre ;

- conținut ridicat de criblură din sortul mare în mixtura asfaltică (60.%) ;
- folosirea nisipului de concasă (nu se folosește nisipul natural).

Grosimea filmului de liant trebuie să fie suficient de mare pentru a putea prelua deformațiile elastice și efectele din temperatură astfel încât să nu existe pericolul de fisurare. Grosimea filmului de liant nu trebuie să fie nici prea mare, deoarece aceasta ar scădea forța de frecare interioară dintre agregate, ceea ce ar avea ca urmare mărirea sensibilității la deformații a îmbrăcămintei la temperaturi înalte și timp de încălzire îndelungat [72].

5.3.3. Stabilirea capacității portante a îmbrăcămintei bituminoase

Dacă încercarea Marshall este edificatoare pentru stabilirea rezistenței la deformație a îmbrăcămintei bituminoase, este o problemă mult discutată în ultimul timp și asupra acestei încercări se ridică multe întrebări. De aceea se încearcă elaborarea unei metode mai eficiente de stabilire a rezistenței la deformații a îmbrăcămintei bituminoase. Un aparat special a fost elaborat de către Laboratorul Shell din Amsterdam. Și în Elveția a început să se aplice cu succes testul de curgere plastică (fluaj) și rezultatele obținute reflectă cu suficientă precizie realitatea de pe teren [26].

Testul de curgere plastică oferă o imagine statistică asupra comportării diferitelor tipuri de mixtură în exploatare și conferă de asemenea o prognoză a comportării îmbrăcămintelor bituminoase în timp sub acțiunea traficului și a variațiilor de temperatură.

Deoarece aparatura folosită la testul statistic de curgere plastică este relativ simplă și fiabilă, această metodă se implementează tot mai mult, putându-se stabili operativ comportarea la deformații a îmbrăcămintelor bituminoase (fig.5.10).

5.3.4. Încercări de la laborator asupra mixturilor asfaltice

Calitatea mixturilor asfaltice și a îmbrăcămintelor bituminoase este unul dintre factorii de bază care influențează

în mod direct siguranța și confortul circulației, precum și eficiența transporturilor rutiere.

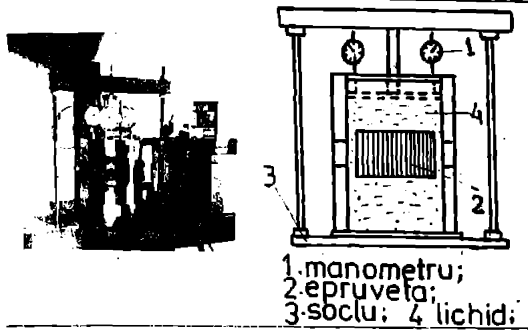


Fig. 5.10. Aparatul Shell pentru testul de curgere plastică.

După cum a fost menționat anterior, caracteristica de deformabilitate a structurilor bituminoase este o problemă importantă a construcției îmbrăcăminților bituminoase din Iran, inclusiv în partea sudică, unde temperatura mediului ambiant este foarte ridicată și traficul greu solicită în permanență structurile rutiere.

Pentru a se realiza o mixtură asfaltică care satisface cerințele necesare și pentru cunoașterea calității mixturilor asfaltice, am efectuat unele încercări de laborator (clasice și neconvenționale) în cadrul Laboratorului de drumuri și Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții, cu scopul punerii în evidență și comparării diverselor tipuri de mixturi asfaltice.

Încercările au avut în vedere că rezistența la deformarea îmbrăcăminții bituminoase este dată de scheletul mineral, inclusiv de frecarea interioară dintre agregate.

5.3.4.1. Bazaj pentru prepararea probelor de mixturi asfaltice

În încercările de laborator am lucrat cu agregatele naturale cunoscute și existente la formațiile de mixturi asfaltice (criblura 3-16 și 2-8 mm, nisip natural și nisip concasaj), filter și bitum (D 80/120 și D 40/50) din rafinării.

În legătură cu bitumul este necesar de menționat că, caracteristicile biturilor folosite pentru prepararea mixturilor asfaltice au fost determinate pe bază de încercări standardizate.

Caracteristicile celor două tipuri de bitum folosite sînt următoarele :

- aprecierea aspectului (netura petrografică) și rugozității agregatelor (o încercare de laborator neconvențională).

Scopul încercărilor a fost punerea în evidență a diferențelor dintre trei tipuri de mixturi asfaltice pentru a urmări care tip poate avea rezistența la deformații corespunzătoare executării îmbrăcămintei bituminoase din structurile rutiere din sudul Iranului.

Doi tipuri de mixturi asfaltice sînt cel mai des utilizate la executarea drumurilor în majoritatea țărilor din Europa. Al treilea tip diferă de ele prin următoarele modificări făcute în scopul creșterii frecării interioare ale agregatelor.

- mărirea densității scheletului mineral (prin compactare și granulozitate) ;
- folosirea criblurii provenite din roci dure, cu suprafețe aspre ;
- conținut ridicat de criblură din sortul mare în mixtura asfaltică ;
- folosirea nisipului de concasă ;
- eliminarea folosirii nisipului natural ;
- dozaj ridicat de filer (eventual folosirea cimentului 2...6 %).

Cele trei tipuri alese pentru încercare în laborator sînt:

- B.A.8 (criblură 3-8:50 %, nisip concasă 0-3: 20 %, nisip natural 3-7:10 %, nisip natural 0-3:10 %, filer :10 %) ;
- B.A.16 (criblură 8-16:22 %, criblură 3-8: 30 %, nisip natural și concasă :40 %, filer:7 %) ;
- B.A.16.2 (criblură 5-16:25 %, criblură 3-8:30 %, nisip concasă: 30 %, filer:10 %, ciment:5 %).

Caracteristicile granulozitate ale celor trei tipuri de mixturi asfaltice sînt prezentate în fig.5.11.

5.3.4.2. Metodologiile folosite la studiul calității mixturilor asfaltice

Pentru a caracteriza calitatea mixturilor asfaltice preparate conform cerințelor necesare, am aplicat metodologia curentă prevăzută de norme în vigoare, după cum urmează :

Pentru studierea rezistenței la uzură a agregatelor cu granule mai mari de 10 mm, cu ajutorul unor abraziivi sferici, am folo-

sit megina Los Angeles (fig.5.12).

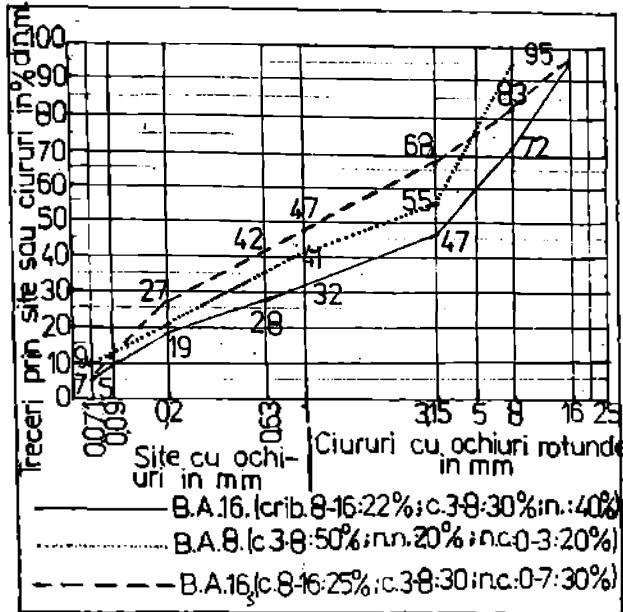


Fig.5.11. Curba granulometrică a agregatului natural din mixturi asfaltice preparată în laborator (B.a.8.60; B.a.16.60 și B.a.16.60 special).

obținut următoarele valori pentru diferite sorturi de criblură, prezentate în tabelul 5.4.

Încercarea rezistenței la uzură permite completarea încercărilor care se execută pentru determinarea caracteristicilor calitative ale criblurilor, cu o nouă încercare ce dă indicelui deosebit de util în privința comportării la uzură a criblurilor.

Tabelul 5.4.

Sort	Bazalt		Andezit		Calcar	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
3-8	12	17	19	25	39	48
8-16	10	16	15	18	40	44
16-25	12	16	14	20	43	49

fiind elaborată pînă în prezent o metodă standardizată, au efectuat unele studii de laborator pe care le prezintă pe scurt în cele ce urmează.

Forma colțuroasă a granulelor de origine aluvionară este sistematic evocată atunci cînd se pune în discuție problema

Coeficientul Los Angeles (L.A) se calculează cu relația [29]:

$$L.A = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \% \quad (5.1)$$

în care:

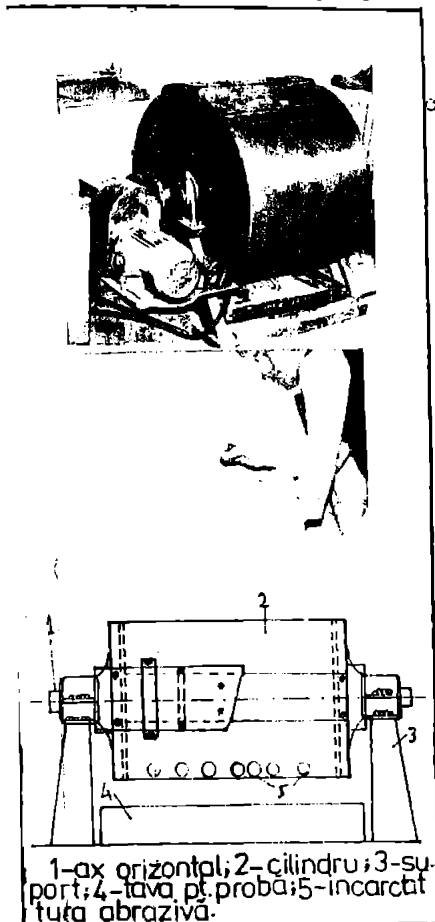
m_1 - este masa materialului supus încercărilor în g ;

m_2 - masa materialului după încercare rămas pe ciorul de 1,6 mm, în g.

În urma determinărilor efectuate în laboratorul de drumuri al Catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții, s-au

Deoarece în ceea ce privește posibilitatea aprecierii calității unor agregate naturale în funcție de rugozitatea acestora nu e

frecării intergranulare în interiorul straturilor rutiere și manibilității în preparare a amestecurilor asfaltice.



1-ax orizontal; 2-cilindru; 3-suport; 4-tava pt. probă; 5-incarcătura abrazivă.

Fig. 5.12. Aparatul Los Angeles.

Trebuie prezentat un experiment bazat pe măsurarea unui timp de curgere a materialului care tinde să cuantifice acest parametru. Rezultatele obținute pot fi explorate în mai multe feluri [60].

Un material aluvionar, în care elementele au fost glefuite în timpul transportului, de către ape are granulele mai mult sau mai puțin rotunjite. Atunci când aceste elemente sînt sparte (concasate) se crează muchii ascuțite și materialul devine tot mai colțuros.

Aceste definiții necesită o cunoaștere perfectă a condițiilor de elaborare a granulelor, ceea ce nu este cazul întotdeauna. În plus, aceste definiții nu iau în considerare forma și starea de suprafață a elementelor care totuși contribuie la condițiile de frecare intergranulară și granulozitatea reală la origine, care poate fi foarte diferită pentru aceeași valoare a acestor indici.

Cunoașterea aprofundată a caracteristicilor agregatelor naturale creează

un număr însemnat de posibilități utilizării lor raționale în diferitele etape ale activității lucrărilor de construcții și întreținere a drumurilor.

Prin aceste aspecte se poate pune în evidență rugozitatea granulelor de agregat. Astfel, iar aprecierea mai estofă de către pietrișul pentru indicele specific considerăm că nu ar fi lipsită de interes să se utilizeze în viitor stenci care să înlocuiască calitatea actuală prin măsurarea lucrărilor de drumuri.

Agregatele naturale nepolucrate de natură pietrișurilor prezintă în general o formă de granule mai mult sau mai puțin rotunjite, dar agregatele naturale concasate

caracterizează prin granule de formă poliedrică, cu muchii ascuțite și suprafețe aspre determinate de planurile de rupere.

Rugozitatea este evident mai accentuată în cazul agregatelor naturale concesate față de cele neprelucrate. Practic însă este dificil să se determine mărimea unghiului de frecare interioară prin încercări asupra probelor de agregate naturale supuse analizelor.

Este posibil însă să se facă o apreciere asupra rugozității granulelor care este determinată de mărimea unghiului

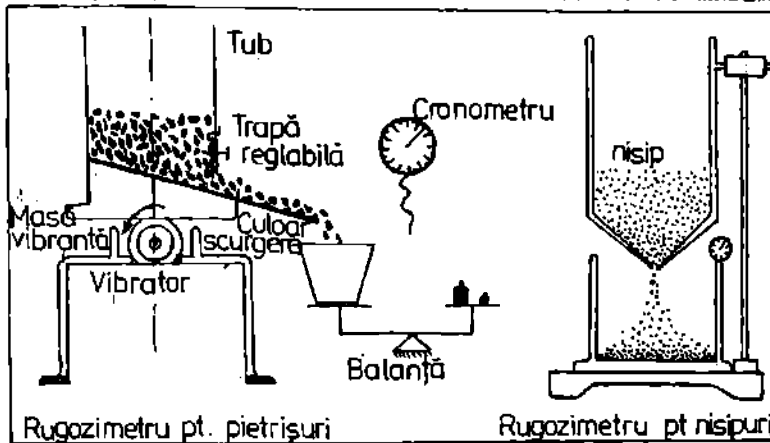


Fig. 5.13. Schema rugozimetrelor

de frecare interioară utilizându-se un procedeu bazat pe măsurarea timpului de curgere a unei anumite cantități de material printr-un orificiu bine stabilit.

Există

foarte multe

aparate pentru aprecierea calității agregatelor naturale în funcție de rugozitatea acestora.

În fig. 5.13. sînt prezentate două feluri de aparate care apreciază rugozitatea nisipului și pietrișului (cerceări pe secantă) în care sînt fost întreprinse de altfel în unele țări din Europa (Belgia, Franța și Ungaria).

La începutul în cadrul S.I.R.L.S.O. (Secția întreținere reparații drumuri și asigurarea circulației) din Orșova (oraș aflat în anul 1965) a fost realizat sub îndrumarea Căminului de studii, fundații, instalații în construcții un aparat (rugoziometru) care este prezentat în fig. 5.14.

Întreținut în anul realizării aparatului nu există încă metodologie standardizată pentru determinarea și verificarea caracteristicilor fizico-mecanice legate de suprafață și forma agregatelor naturale, au făcut o serie de încercări de laborator pentru a stabili condițiile de determinare pentru diferitele sorturi de nisipuri și pietrișuri existente pentru prepararea probelor de

mixturi asfaltice care vor fi supuse la încercări la rezistența mixturilor asfaltice cu caractere speciale.

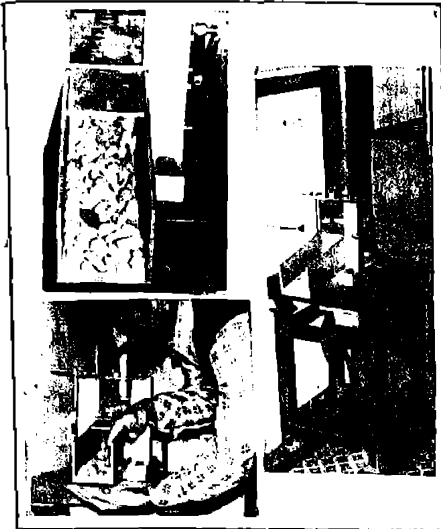


Fig. 5.14. Rugozimetrul S.I.R.1.9.C.

În urma încercărilor făcute cu ajutorul rugozimetrului pe probe de criblură sort 8-16 și pietriș sortat 8-16 s-au obținut timpuri de curgere. În fig. 5.15 sunt prezentate diverse încercări pe diferite sortimente în funcție de timpul de curgere prin rugozimetru.

Aprecierea rugozității agregatelor supuse determinării am făcut-o în funcție de timpul de curgere "t" citit, cu deschiderea trapei în poziția constantă.

Materialele concasate (criblurile) cu un timp de scurgere mai mare decât materialele de formă rotundă (pietrișurile sortate) ceea ce atestă că materialele concasate au suprafață formată din muchii vii datorate procesului de concasare și deci, rugozitatea lor este mai mare (timpul de scurgere este mai mare).

În final trebuie amintit că datorită faptului că au fost înțimpinate multe greșeli în încercarea de laborator și testează, determinările nu au putut fi efectuate exact și nu s-a putut aprecia cu adevărat influența suprafeței și a formei agregatelor naturale asupra creșterii unghiului de frecare interioară. În efectuările noastre am ținut cont de influența parametrului "t" (timp de scurgere) asupra rezultatelor obținute, ce sunt prezentate în continuare (cu deschiderea de 50 mm a trapei reglabile).

Rezistența la compresiune se determină pe epruvete de formă cubică sau cilindrică, cu ajutorul unei prese de 50...100 kN (fig. 5.16).

Rezistența la compresiune este dată de relația :

$$R_c = P/A \quad [N/mm^2] \quad (5.2)$$

unde: P este încărcarea de rupere, în N;

A - suprafața pe care se aplică încărcarea în mm^2 [30]

În laboratorul de drumuri am determinat rezistența la compresiune pentru beton asfaltic (B.A. 8, B.A.16 și B.A.16 special)

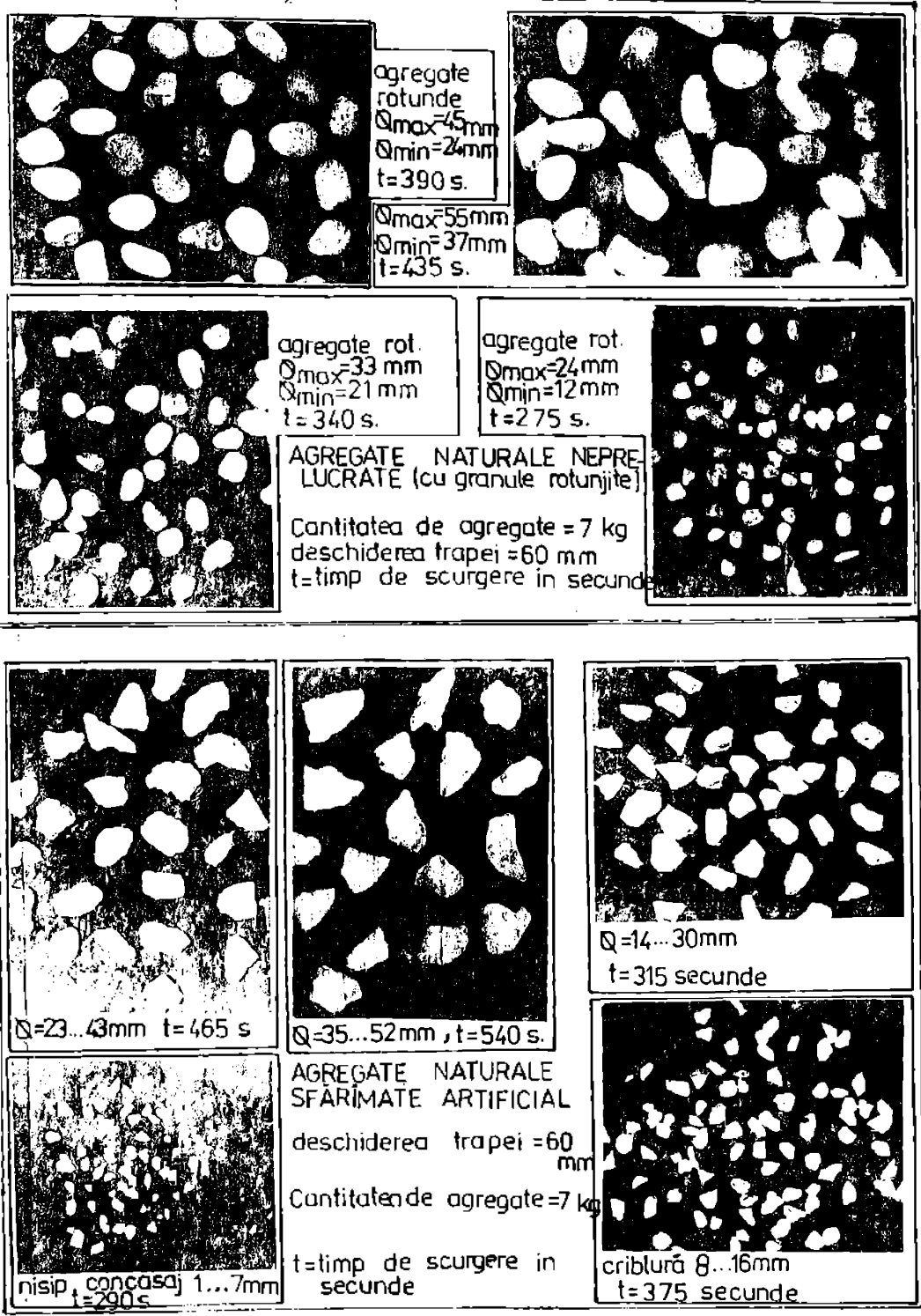


Fig.5.15. Agregate folosite pentru determinarea raportului lor în funcție de timpul de scurgere prin rugosimetru.

la 22 °C și 50 °C (fig.5.16).

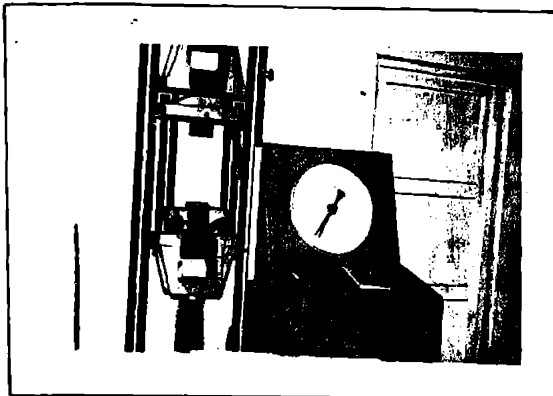


Fig.5.16. Pradă pentru de-terminarea rezistenței la compresiune.

lirea compoziției optime, determinarea conținutului de liant, controlul respectării dozajelor prescrise în timpul procesu-ului de fabricație, precum și verificarea proprietăților fizico-mecanice.

Valorile obținute la cele trei feluri de mixturi asfaltice, în funcție de tipurile biturilor și rugozitatea agregatelor folosite (bitumul folosit pentru B.A. 16 special a fost D 40/50 și pentru cele două tipuri con-venționale a folosit bitum D 80/120), sînt date în tabelul 5.5.

Mixturile asfaltice sînt supuse unor încercări prin care se urmăresc stabi-

Tabelul 5.5.

Tipuri de mixturi	Sort de car.	Timp de curgere (s)	Rezistența la compresiune					Med.	
			°C temp.	1	2	3	4		5
B.A.8 (L 80/120)	3-8	203	22	31	32	32	35	35	3255
			50	07	09	08	10	07	0812
B.A.16 (L 80/120)	3-8	253	22	32	30	33	30	34	3344
	8-16	242	50	07	08	10	10	07	0833
B.A.16 s (L 40/50)	3-8	330	22	44	39	39	38	42	4004
	3-16	372	50	12	09	10	11	10	1014

Controlul stabilității mixturilor asfaltice se face prin încercarea Marshall. Principiul încercării constă în determina-rea rezistenței la rupere a unei epruvete cilindrice, forța fiind aplicată pe o pereche de cilindri. Încercarea se efectuează asupra epru-vetei încălzită în apă la o temperatură de 60 °C (fig.5.17) [30].

Indicele de curgere (fluaj) este deformația atinsă de diametrul vertical al epruvetei în momentul ruperii și se ex-primă în milimetri.

Valorile obținute pe cele trei tipuri de mixturi asfal-tice alese în funcție de rugozitatea agregatelor folosite, sînt

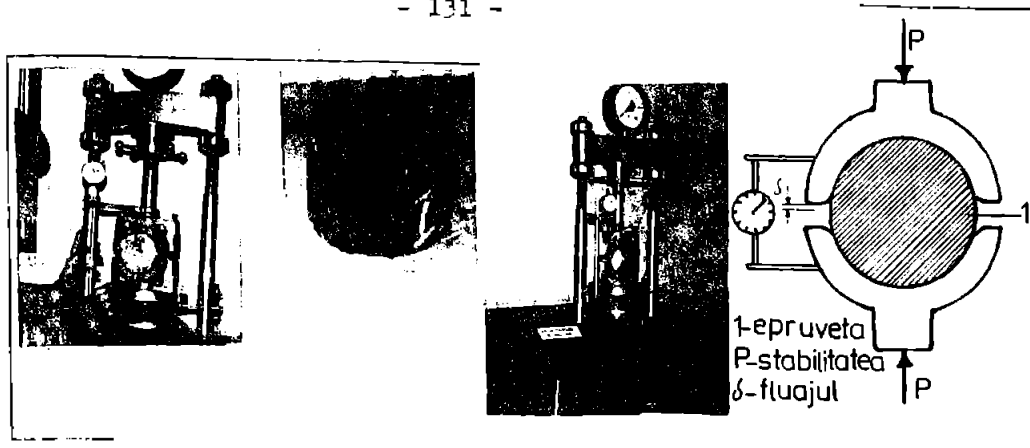


Fig. 5.17. Încălzirea Marshall.

date în tabelul 5.6 și 5.7.

Tabelul 5.6.

Tipuri de mixture	Sort de proiecte	Timp de scurgere (s)	Stabilitatea Marshall (daN)					
			1	2	3	4	5 Mediu	
B.A.8	3-8	203	750	780	840	960	810	828
B.A.16	3-8	253	850	870	800	880	840	838
	8-16	242						
B.A.16 special	3-8	330	850	880	950	1050	980	942
	8-16	372						

Tabelul 5.7.

Tipuri de mixture	Sort de proiecte	Timp de scurgere (s)	Indice de fluaj (mm)					
			1	2	3	4	5 Mediu	
B.A.8	3-8	203	2,1	3,0	3,3	3,4	3,3	2,82
B.A.16	3-8	253	3,1	3,0	2,9	3,4	3,5	3,15
	8-16	242						
B.A.16 special	3-8	330	3,0	3,8	3,1	3,5	4,1	3,3
	8-16	372						

Orice abatere față de dozajul optim diminuează calitatea unei mixture asfaltice. În fig. 5.18, rezultă că excesul de bitumă duce la pierderea stabilității termice, ceea ce sîntea necesar o corectare rezultatelor deformațiilor din fluaj. Lipsa acestuia este, pe tîm, echivalentă cu prinderea înuntri ale îmbinărilor asfaltice, astfel încît să nu se deformeze.

În ceea ce privește nivelul de rigiditate al mixerilor asfaltice este necesar să menționăm că mixturele asfaltice avînd în componență, de bitumă, sînt materiale foarte complexe, fiind bituminoase fiind cel care conferă acestora o comportare viscoelastică. Așt proprietățile elastice și cele viscoase depind

concomitent de temperatură și de viteză de aplicare a forțelor exterioare.

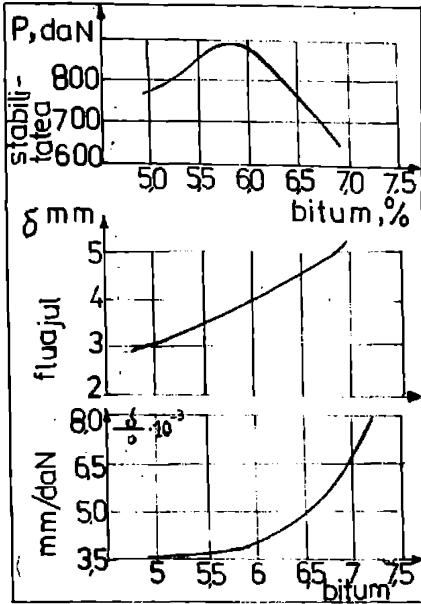


Fig. 5.18. Variația stabilității Marshall

Modulul complex al mixturilor asfaltice poate fi determinat cu o încercare dinamică, ca raportul dintre efortul aplicat și deformația relativă [34].

Caracterizarea comportării reologice a mixturilor asfaltice curent adoptată de literatură de specialitate, corespunde o justificare fundamentată științific este reflectată în folosirea modulului de rigiditate, care reprezintă o caracteristică importantă în aprecierea mixturilor asfaltice. Pentru studiul acestei comportări în condiții variabile de solicitare, definite prin temperatură, durată de acțiune a efortului s-au stabilit prin calcul pornind de la modulul de rigiditate al bitumului și nomogramele

folosite în mod uzual în acest scop. De asemenea prin calcul, după metoda Heakelom și Klomp, cu relația [4]:

$$S_m = S_b \left(1 + \frac{25}{n} \cdot \frac{C_v}{1 - C_v} \right)^n \quad [N/m^2] \quad (5.3)$$

- în care:
- S_m - modulul de rigiditate al mixturii asfaltice ;
 - S_b - modulul de rigiditate al bitumului, obținut prin diagrama Van der Poel ;
 - $n = 0,83 \lg(4 \cdot 10^{10} / S_b)$;
 - C_v - concentrația în volum a agregatului natural și se calculează cu relația : $C_v = V_g / (V_g + V_b)$;

unde V_g reprezintă volumul agregatului și V_b este volumul liantului.

Exprimate în acest mod, curbele de variație a modurilor sînt specifice fiecărei mixturi asfaltice și reprezentative pentru comportarea lor. Pentru urmărirea comportării reologice a mixturilor asfaltice s-au determinat valorile modurilor de rigiditate în condiții de temperatură cuprinse în intervalul $-10^\circ C$

la + 50 °C pentru timpi de încărcare de la 10⁻³ până la 10 s.

În funcție de modulul de rigiditate al bitumului s-au calculat modulii de rigiditate ai probelor de mixtură asfaltică respective obținându-se valorile din tabelul 5.8.

Tabelul 5.8.

Tipuri de mixturi	Temp. °C	S [10 ⁻²] bitum N/ m ²	Modulii de rigiditate în funcție de timpul de încărcare N/m ²				
			10 ⁻³ s	10 ⁻² s	10 ⁻¹ s	1 s	10 s
B.A.8	-10	3,9.10 ⁸	1,8.10 ¹⁰	1,82.10 ¹⁰	1,52.10 ¹⁰	7,80.10 ⁹	3,85.10 ⁹
	0	2,4.10 ⁸	1,20.10 ¹⁰	1,08.10 ¹⁰	6,87.10 ⁹	4,25.10 ⁹	1,25.10 ⁹
	+ 5	1,7.10 ⁸	7,72.10 ⁹	1,23.10 ¹⁰	5,63.10 ⁹	1,85.10 ⁹	7,50.10 ⁸
	+10	8,4.10 ⁷	4,45.10 ⁹	7,71.10 ⁹	4,21.10 ⁶	4,12.10 ⁹	3,95.10 ⁸
	+22	1,6.10 ⁷	5,14.10 ⁸	2,82.10 ⁹	7,92.10 ⁸	3,35.10 ⁸	-
	+50	1,1.10 ⁶	-	356.10 ⁸	-	-	-
B.A.16	-10	3,9.10 ⁸	1,1.10 ¹⁰	1,03.10 ¹⁰	6,84.10 ⁹	3,90.10 ⁹	2,75.10 ⁹
	0	2,4.10 ⁸	1,14.10 ¹⁰	9,82.10 ⁹	4,75.10 ⁹	2,65.10 ⁹	4,85.10 ⁸
	+ 5	1,7.10 ⁸	1,01.10 ¹⁰	6,12.10 ⁹	3,44.10 ⁹	1,15.10 ⁹	4,50.10 ⁸
	+10	8,4.10 ⁷	8,71.10 ⁹	4,72.10 ⁹	2,52.10 ⁹	6,85.10 ⁸	2,80.10 ⁸
	+22	1,6.10 ⁷	3,42.10 ⁹	1,22.10 ⁹	4,90.10 ⁸	1,80.10 ⁸	-
	+50	1,1.10 ⁶	4,32.10 ⁸	1,50.10 ⁸	-	-	-
B.A.16 special	-10	3,8.10 ⁸	3,22.10 ¹⁰	3,17.10 ¹⁰	2,81.10 ¹⁰	2,31.10 ¹⁰	1,11.10 ¹⁰
	0	2,6.10 ⁸	2,85.10 ¹⁰	2,33.10 ¹⁰	2,05.10 ¹⁰	1,72.10 ¹⁰	8,13.10 ⁹
	+ 5	2,1.10 ⁸	1,12.10 ¹⁰	1,10.10 ¹⁰	1,02.10 ¹⁰	8,25.10 ⁹	7,76.10 ⁹
	+10	0,7.10 ⁸	0,34.10 ¹⁰	0,11.10 ¹⁰	9,34.10 ⁹	7,41.10 ⁹	6,37.10 ⁹
	+22	7,4.10 ⁷	8,57.10 ⁹	7,61.10 ⁹	6,52.10 ⁹	4,11.10 ⁹	3,66.10 ⁸
	+50	0,3.10 ⁷	7,92.10 ⁹	7,27.10 ⁹	6,15.10 ⁸	3,86.10 ⁸	1,15.10 ⁸

5.3.5. Interpretarea rezultatelor de laborator

Rezultatele obținute prin încercări de laborator sînt utile, ele au fost comparate cu rezultatele de pe teren și dau o imagine suficient de clară asupra posibilității de deformare plastică a îmbrăcămintilor bituminoase.

Încercarea de laborator în privința curgerii plastice oferă o imagine statistică asupra comportării diferitelor tipuri de mixtură în exploatare și conferă de asemenea o prognoză a comportării îmbrăcămintilor bituminoase în timp sub acțiunea traficului și a variațiilor de temperatură.

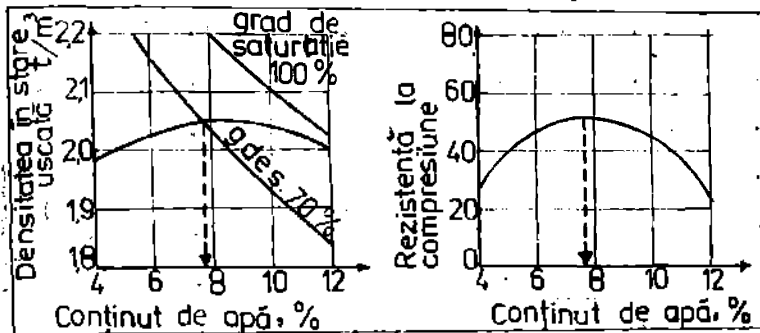


Fig. 5.19. Legătura între conținutul de apă, densitatea în stare uscată și rezistența la compresiune a unui strat stabilizat cu liant hidraulic.

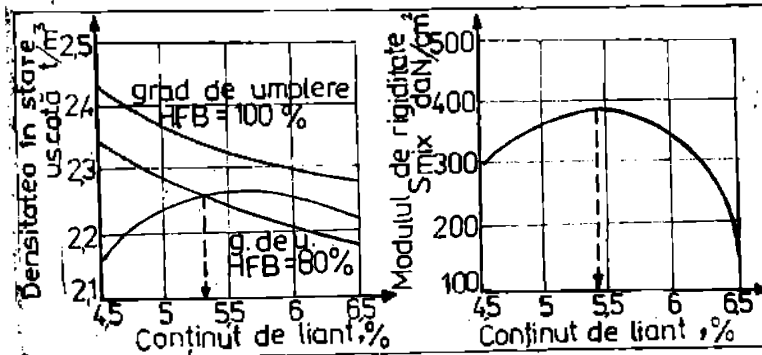


Fig. 5.20. Legătura între conținutul de liant, densitatea în stare uscată și modulul de rigiditate al unui beton asfaltic.

De asemenea este de observat că rezistența cea mai ridicată se obține pentru un grad de umplere cu liant bituminos de cea 80% (fig. 5.20).

Mărginea sîmbi de aplicabilitate a acestui test oferă

Dacă la straturile stabilizate cu lianți bituminoși elementul hotărîtor este rezistența la deformarea (fig. 5.20), expresia modului de rigiditate S_{mix} la straturile stabilizate cu lianți hidraulici elementul hotărîtor este rezistența la compresiune (fig. 5.19) [26].

După cum se vede din fig. 5.19, rezistența cea mai mare la compresiune este obținută pentru un grad

posibilitatea unui judicioasă a materialelor și a dozejelor pentru mixturile asfaltice, stabilind niște limite precise în această privință.

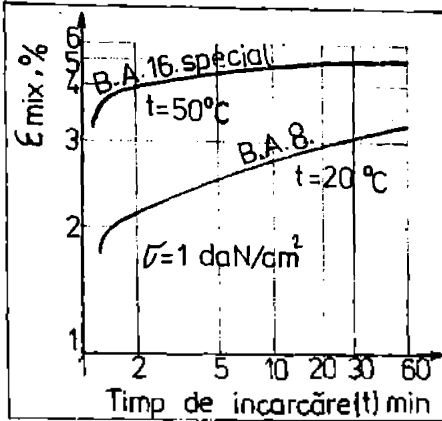


Fig.5.21. Deformațiile imbrăcămintelor bituminoase sub influența încălzirii obținute în cadrul încercării de laborator.

În fig.5.21 se prezintă deformațiile măsurate pentru B.A.8, B.A.16 și BA16 special, în funcție de timpul de încărcare (t), la două temperaturi de încălzire ($T=10^{\circ}\text{C}$ și $T=50^{\circ}\text{C}$) și încălzirea $\dot{\sigma} = 1,00 \text{ daN/cm}^2$.
Rezultă :

$$\epsilon_{\text{mix}} = \frac{\Delta h}{h} \quad [\%] \quad (5.4)$$

Se definește modulul de rigiditate astfel :

$$S_{\text{mix}} = \frac{\sigma}{\epsilon_{\text{mix}}} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (5.5)$$

Spre deosebire de modulul de elasticitate E , care definește deformația elastică, modulul de rigiditate caracterizează materialul cu proprietăți visco-elastice și este dependent de temperatură. Aceasta înseamnă că S_{mix} (modulul de rigiditate) scade cu durata încălzirii (t) și temperatura de încălzire (T).

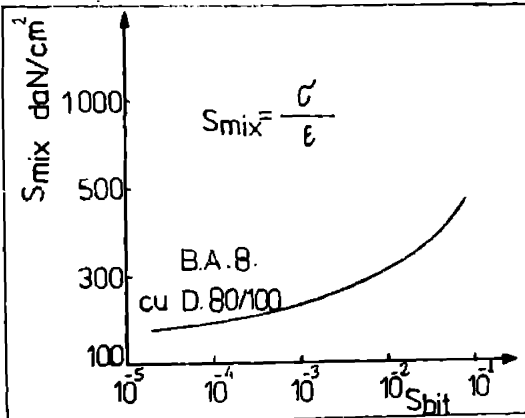


Fig.5.22. Variația modulului de rigiditate al betonului asfaltic B.A.8 în funcție de modulul de rigiditate al bitumului.

Influența pe care o au cei doi parametri, precum și liantul bituminos, poate fi concentrată în expresia modulului de rigiditate al betonului (S_{bit}).

În fig.5.22, este prezentată variația modulului de rigiditate al mixturii asfaltice (S_{mix}) în funcție de modulul de rigiditate al liantului (S_{bit}) [%].

Rezultatele obținute prin încercări de laborator asupra probelor de mixturi asfaltice ne arată că pentru B.A.8,

și cel clasic B.A.16 modulul de rigiditate S_{mix} scade odată cu S_{bit} (timp de încălzire îndelungat, temperaturi înalte), la început tare; la valori scăzute ale lui S_{bit} curba se eplatizează și modulul de rigiditate S_{mix} atinge valori limită.

Se observă la acest beton asfaltic cu conținut ridicat de bitum și cu un volum de goluri redus, la temperatură ridicată are o instabilitate mare datorită unei etanșeități ridicate. Acest tip de beton asfaltic poate fi cu strat de uzură pentru drumuri cu trafic redus sau mediu în orașele secundare în Iran, și se recomandă - nu este avantajos a fi folosit la drumuri cu trafic greu.

Comparând rezultatele obținute cu rezultatele de pe teren se observă că reconcordanța care apare uneori se datorește faptului că nu se pot prinde toate condițiile de pe teren mai ales condițiile climatice, încălzirile din traficul amestecat.

La prognozarea comportării îmbrăcămintelor bituminose din punct de vedere al deformațiilor trebuie să plecăm de la condițiile de încălzire ale acestora. Adică, plecăm de la premisa că deformațiile plastice la încercări prelungite și temperaturi înalte depind numai de componenta plastică a modulului de rigiditate, atunci S_{bit} poate deveni un parametru pentru caracterizarea stării de încălzire.

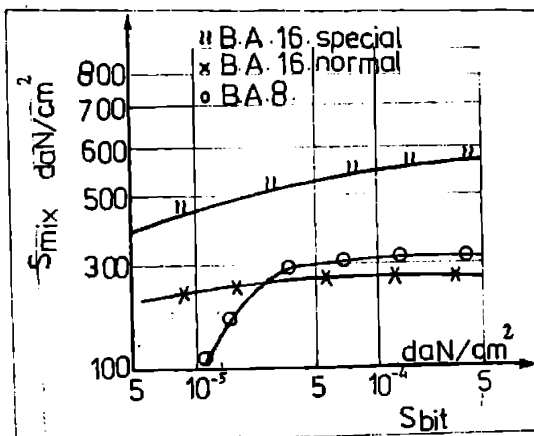


Fig. 5.23. Curba de comportare plastică a trei tipuri de betoane asfaltice diferite. S_{mix} .

Valoarea de referință a lui S_{bit} este definit de numărul de treceri al autovehiculelor la temperatura T , timpul de încălzire la trecerea fiecărui autovehicul și viscozitatea lientului bituminos la temperatura T .

Dacă este cunoscută valoarea încălzirii lui S_{bit} , atunci din raportul S_{bit}/S_{mix} (fig. 5.23) se calculează valoarea modulului de rigiditate

Adâncimea fâșegului este în acest caz invers proporțională cu valoarea lui S_{mix} și depinde de grosimea stratului, de natura și durata încălzirilor și geometria suprastructurii.

Aceste rezultate au fost folosite la cele trei tipuri de betoane asfaltice pentru stratul de uzură, care urmau să fie folosite pentru un anumit trafic și în anumite condiții climatice corespunzătoare Iranului (veri foarte calde și ierni foarte reci).

S-a prevăzut un trafic de 1 000 osii/zi și o temperatură de încercare de 50 °C timp de 10 zile, 40 °C timp de 20 zile, 30 °C timp de 30 zile și 20 °C timp de 40 zile. De aici rezultă concluziile privind apariția fâgășelor în îmbrăcămintea rutieră prezentată în fig.5.24.

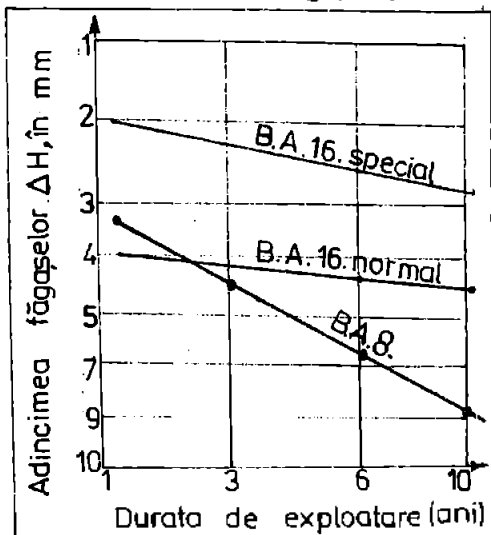


Fig.5.24. Prognosticul apariției fâgășelor la un anumit trafic.

Chiar deocă rezultatele nu oferă decât valori aproximative asupra adâncimii fâgășelor, totuși rezultatele arată clar deosebirea dintre betoanele asfaltice B.A.16 special, și B.A.8.

La betoanele asfaltice de tip B.A.16 (special) trebuie să folosească numai agregate concasate. Agregatele naturale trebuie să posede proprietăți deosebite și se impun condiții deosebite pentru filterul care se folosește.

Condițiile devin mai stricte pentru cribluri și nisipuri.

Pentru toate straturile trebuie să se folosească numai nisip de concasaj c-3. Nisipul recuperat se folosește doar atunci când provine din nisip de concasaj folosit cu proprietățile cunoscute.

Pentru straturile de uzură (tip B.A.16 special) trebuie folosite doar bitumuri B 40/50 (pentru sudul Iranului), și nu se admite valori ale încercării Marshall sub 800 daN. [26].

În ceea ce privește rugozitatea materialului supus determinării și timpul de scurgere s-a observat că materialele concasate au un timp de scurgere mai mare decât materialele de formă rotundă, ceea ce atestă că materialele concasate au rugozitatea suprafeței mai pronunțată.

Ar fi interesant pentru Iran, dacă Ministerul de drumuri prevede și se alege un material etalon care în condiții bine stabilite are un anumit timp de scurgere, care să fie standardizat. Prin urmare se poate face comparația sau eventual clasificarea agregatelor din punct de vedere al indicelui de concasaj.

La efectuarea încercării asupra agregatelor în legătură cu rugozitatea lor trebuie avut grijă de următoarele cauze :

- anumite materiale, prin valoarea ridicată de rugozitate (coeficientul de scurgere), înainte oricărei concasări, se comportă ca și agregate naturale colțuroase ;

- pentru straturile din sistemul rutier (inclusiv strat de uzură) netratate, colțurozitatea agregatelor favorizează stabilitatea mecanică, crescând unghiul de frecare interfață.

5.4. CONCLUZII ȘI PROPUNERI

În primul rând se prezintă în rezumat concluziile celui de-al XVIII-lea Congres mondial de drumuri (Bruxelles 1967), cu privire la comportarea amestecurilor asfaltice, pe care le considerăm importante pentru inginerii iranieni din sectorul rutier care nu au avut reprezentanți la congres. Se condiționează astfel :

- în domeniul comportării amestecurilor asfaltice în exploatare și influența lianților hidrocarbonați, trebuie menționat că este dificil de a stabili legături simple între calitățile lianților și comportarea în exploatare a amestecurilor. Mai multe țări și organisme internaționale (de exemplu RIA, RILEM) au elaborat astfel de studii fără a putea stabili cu precizie influența lianțului. Comportarea în exploatare a unei amestecuri asfaltice nu depinde numai de calitățile intrinsece, ale lianțului sau ale celorlalți componenteți, ci și de interacțiunile care apar între aceste calități. Cu alte cuvinte, comportarea unei amestecuri asfaltice depinde, nu numai de calitatea constituienților (lianți și alții) , ci și de dozaajul acestora și de punerea în operă ;

- progresele realizate se referă mai ales la dozaajele amestecurilor asfaltice, astfel încât acestea să li se confere o rezistență suficientă la deformații plastice, asigurându-li-se în același timp o bună rezistență la frecare din oboseală;

- principalele probleme care trebuie clarificate se referă la fisurarea termică a straturilor bituminoase, la îmbătrânirea lianților, la comportarea amestecurilor drenante în timpul iernii ;

- comportarea neliniară a straturilor din agregate naturale poate fi caracterizată pe baza încercării triaxiale sub sarcină repetată. Parametrii determinați cu ocazia acestor încercări pot fi utilizați în modele de comportare bazate pe metoda elementelor finite.

În ceea ce privește calitatea amestecurilor asfaltice, studiile teoretice, bibliografice și încercările de laborator proprii au permis formularea unor concluzii prin prisma posibilității de validare a rezultatelor obținute, în sectorul rutier din Iran. S-au avut în vedere în acest sens, condițiile specifice de climă existente în Iran care, mai ales în sudul

țării crează un regim termic nefavorabil utilizării amestecurilor asfaltice obișnuite pentru realizarea "îmbrăcăminților" rutiere. De asemenea s-a ținut seama de solicitările date de trafic, care, pe unele trasee de drumuri sînt deosebit de mari datorită ponderii importante a autovehiculelor grele și foarte grele în totalul circulației.

În aceste condiții o îmbrăcăminte bituminoasă realizată din amestecuri asfaltice trebuie să îndeplinească următoarele calități principale :

- capacitate portantă corespunzătoare care să asigure în bune condiții preluarea sarcinilor din trafic și transmiterea acestora straturilor inferioare ale sistemului rutier ;

- stabilitate ridicată pentru evitarea apariției deformațiilor plastice sub efectul traficului greu și foarte greu în condiții de temperatură ridicată ;

- rezistență la întindere mare care să împiedice fisurarea stratului din amestec asfaltic datorită eforturilor de întindere care iau naștere sub efectul încălzirii date de autovehicule ;

- rezistența la oboseală pentru asigurarea durabilității în timp sub efectul solicitărilor repetate ale traficului rutier, mai ales a traficului greu și foarte greu ;

- impermeabilitate ridicată în vederea protejării straturilor inferioare ale sistemului rutier și a pămîntului din patul drumului contra infiltrațiilor de apă etc.

Asigurarea acestor caracteristici presupune :

- utilizarea unor materiale corespunzătoare ;

- elaborarea corectă a dozajelor ținînd seama de caracteristicile materialelor disponibile, ale traficului rutier și ale mediului ;

- alegerea tipului de amestec asfaltic cel mai adecvat ținînd seama de solicitările reale din trafic și factorii climaterici ;

- respectarea cu strictețe a tehnologiei de preparare și punere în operă a amestecurilor asfaltice.

Referitor la materialele utilizate este necesar ca agregatele naturale să respecte următoarele condiții principale

- să fie curate, să nu conțină impurități ;

- să fie omogene din punct de vedere mineralogic ;
- să provină din roci dure, compacte, de natură bazică sau neutră ;
- forma granulelor să fie poliedrică, evitându-se folosirea granulelor lamelare sau aciculare ;
- să prezinte rezistența la uzură ridicată.

Filerul utilizat trebuie să aibă o finețe corespunzătoare, rolul lui în mixturile asfaltice fiind foarte important având în vedere influența pozitivă pe care acesta o execută asupra calității mixturilor asfaltice prin : mărirea domeniului de plasticitate al bitumului , creșterea adhezivității acestuia la agregatele naturale, mărirea frecării interioare și a coeziunii bitumului, îmbunătățirea comportării mixturii asfaltice la solicitările date de trafic și factorii climaterici.

În ceea ce privește bitumul utilizat, în primul rând, acesta trebuie să prezinte o bună adhezivitate la agregatul natural, care determină în mare măsură calitatea mixturii asfaltice obținută și, implicit, comportarea îmbrăcămintei bituminoase la solicitări. Sînt importante de asemenea și celelalte caracteristici, cum ar fi plasticitatea și consistența. Referitor la plasticitate se remarcă importanța acordării unei atenții deosebite susceptibilității termice a bitumului, care determină comportarea acestuia și, în consecință a mixturii asfaltice, la variații de temperatură. Se recomandă utilizarea unor bitumuri cu susceptibilitate termică redusă, aceasta putînd fi apreciată prin indicii de penetrație.

Avînd în vedere caracterul elasto-plastic al comportării bitumului sub acțiunea solicitărilor din trafic și din temperatură, studiile și cercetările efectuate pe plan mondial au permis definirea unor caracteristici importante ale acestuia cum ar fi modulul complex și modulul de rigiditate. Se remarcă însă faptul că determinarea acestora în laborator este greoaie, necesitînd timp îndelungat și aparatură costisitoare. Determinarea lor se poate face însă indirect ținînd seama de corelațiile care s-au stabilit între aceste caracteristici și unele proprietăți simple, ușor de determinat în laborator, prin încercări clasice cum ar fi: penetrația și punctul de înmuiere inel și bilă.

În funcție de condițiile climatice specifice zonei în care se construiește drumul și de caracteristicile traficului trebuie ales tipul de bitum corespunzător, ținând seama de influența proprietăților acestuia asupra comportării mixturilor asfaltice. Astfel pentru zone cu temperaturi medii ridicate se recomandă utilizarea unui bitum mai dur, la fel ca și în cazul drumurilor supuse unui trafic intens și greu, având în vedere că acest tip de bitum conferă mixturii asfaltice stabilitate ridicată.

Referitor la dozajele pentru mixturi asfaltice, pentru calculul acestora există o serie de metode care permit determinarea proporției fiecărui component în amestecul total în funcție de caracteristicile materialelor și parametrii specifici traficului și condițiilor climatice. Se remarcă faptul că există și programe de calcul automat care permit elaborarea într-un timp foarte scurt a unui număr foarte mare de dozaje și alegerea dozajului optim după unul sau mai multe criterii (cost minim, consum minim de energie, consum minim de materiale deficitare etc.).

În condiții deosebite de solicitare se pot utiliza mixturile asfaltice speciale care prezintă caracteristici superioare și, deși sunt de regulă mai scumpe pot deveni eficiente datorită îmbunătățirii performanțelor în exploatare a căminșurilor bituminoase. De asemenea trebuie să se aibă în vedere faptul că acestea se aplică de obicei pe scară redusă, pe unele secțiuni izolate.

Având în vedere cele prezentate mai sus, și ținând seama de situația existentă în Iran, se apreciază că în domeniul folosirii mixturilor asfaltice la construcția drumurilor este necesară:

- organizarea unor laboratoare de drumuri, dotate cu aparatură necesară efectuării încercărilor materialelor și ale mixturilor asfaltice care să funcționeze în cadrul unităților de construcție a drumurilor ;

- elaborarea unui program de studii și cercetări care să aibă drept scop stabilirea unor norme de calitate pentru agregatele naturale, bitum și mixturi asfaltice specifice condițiilor din Iran ;

- stabilirea unor criterii privind alegerea tipului de

mixtură asfaltică în funcție de condițiile specifice diverselor zone geografice ale Iranului ;

- efectuarea de studii privind caracteristicile materialelor existente în diverse zone, în vederea asigurării posibilității de folosire a materialelor locale la prepararea mixturilor asfaltice ;

- experimentarea folosirii unor mixturi asfaltice speciale în zonele cu condiții deosebite (sudul Iranului de exemplu).

Ținând seama de faptul că Iranul dispune de resurse suficiente de bitum se poate afirma că orientarea statului spre utilizarea pe scară largă a mixturilor asfaltice la construcția și întreținerea drumurilor este justificată cu mențiunea că prepararea și punerea în operă a acestora este necesar să se facă ținând seama de o serie de considerente tehnice, dintre care o mare parte au fost expuse mai sus.

CAPITOLUL VI

ÎNȚETINEREA ȘI EXPLOATAREA DRUMURILOR

Întreținerea drumurilor cuprinde totalitatea lucrărilor și activităților ce trebuie să se desfășoare permanent și organizat în scopul menținerii acestora într-o stare tehnică corespunzătoare cerințelor desfășurării nestingerite a traficului în condiții bune și în deplină siguranță [31].

În contextul noțiunii de întreținere a drumurilor într-o gamă largă de activități dintre care menționăm următoarele:

- investigarea stării drumurilor ;
- studiul traficului rutier ;
- supravegherea și păstrerea în bune condiții a tuturor construcțiilor rutiere ;
- programarea și executarea lucrărilor de întreținere și reparații în vederea aducerii și menținerii drumurilor într-o stare bună de viabilitate tot timpul anului ;
- realizarea modernizării rutiere în conformitate cu reglementările în vigoare și menținerea acestora într-o stare corespunzătoare ;
- prevenirea și combaterea efectelor lezii ;
- aplicarea legislației rutiere în scopul păstrării integrității drumurilor, inclusiv cea referitoare la transporturile cu tonaj și gabarit depășit ;
- ținerea la zi a evidenței tehnico-operative a rețelei rutiere etc.

Organizarea și conducerea activității de întreținere a drumurilor, precum și efectuarea la timp și în bune condiții a tuturor lucrărilor specifice, influențează direct și hotărâtor asupra desfășurării transporturilor rutiere, cu consecințe majore asupra economiei naționale și utilizatorilor.

În decursul exploatării lor, drumurile sînt în permanență supuse influenței unor factori care pot produce lent sau într-un termen scurt uzura și degradarea îmbrăcămintei drumului, a sistemului rutier, a platformei, precum și a celorlalte părți com-

poente ale drumului. Principali factori care acționează în general negativ asupra stării drumurilor sînt traficul rutier și factorii climaterici [31].

6.1. INVEȚIGAREA DRUMURILOR ÎN VEDEALA DETERMINĂRII CALITĂȚII ACESTORA

Oricare ar fi strategia adoptată pentru întreținerea drumurilor: preventiv, structural, al îmbăcămintei, sau o combinație a acestor trei tipuri, la un moment dat devine necesar de a evalua calitățile structurale și funcționale în scopul de a decide tipul de întreținere cel mai adecvat.

În această evaluare, aspectul structural privește capacitatea drumului de a suporta încărcările din traficul rutier și/sau condițiile climaterice pentru care a fost conceput. Aspectul funcțional este legat de caracteristicile de suprafață (alerantă, uniformitate, permeabilitate) care afectează securitatea și confortul utilizatorului. Există câteva interacțiuni semnificative între aspectele structurale și funcționale. De exemplu, permeabilitatea poate produce defecțiuni ale sistemului rutier datorate pătrunderii apei iar fluctuațiile înălțății pot influența uniformitatea suprafeței într-un mod negativ.

Este important de a avea date referitoare la starea drumurilor pentru a lua decizii valabile privind întreținerea lor. Chitasele acestor date necesită revizia drumurilor în general, necesitate trebuind să se efectueze periodic, cu o anumită frecvență.

Administrațiile se utilizează sisteme de gestionare a drumurilor folosind proceduri de revizie variate pentru obținerea acestor date. Deși informațiile sînt în general similare, pentru fiecare sistem metoda de obținere, prelucrarea datelor și frecvența investigațiilor variază. cea mai mare parte a administrațiilor rutiere nu în vedere obținerea de date referitoare la diferitele elemente ce caracterizează starea funcțională și structurală a drumului; expresiile lor cantitative vor fi "indicii de stare".

Gradul de aluniziune, care influențează confortul utilizatorului, costurile de funcționare și securitatea vehiculului, este evaluat în termeni de grad de planitate longitudinală și transversală:

- gradul de placitate longitudinal este evaluat fie printr-o analiză a profilului longitudinal, fie cu ajutorul unui sistem de tip răspuns. În primul caz, indicatorul este exprimat prin unul sau mai mulți coeficienți în timp ce în al doilea caz, este exprimat în m./km;

- gradul de placitate transversal, în principal influențat de prezența fisurilor, este măsurat cu ajutorul unui aparat numit transversoprofilograf. Indicatorul este adâncimea medie a fâșgului (pe o anumită lungime) în milimetri.

Aderența, care afectează securitatea utilizatorului, este exprimată sub formă de coeficient de frecare, fie longitudinal, fie transversal:

- coeficientul de frecare longitudinal, corespunde rezistenței de frînare (roată blocată) pe drum umed, este măsurat cu ajutorul unei remorci speciale sau cu un stradograf (aparat complex care permite măsurarea coeficientului de frecare în regim de viteză curentă, în diverse condiții de stare a suprafeței de rulare);

- coeficientul de frecare transversal, corespunde aderenței transversale și se măsoară perpendicular pe direcția de deplasare cu ajutorul unei remorci tip SCHIM (Sideway Force Coefficient Machine Investigation Machine) sau a unui stradograf.

Starea de degradare a îmbrăcămintei în momentul investigației este greu de definit și de cuantificat. Pentru drumurile cu îmbrăcămintă bituminosă, evaluarea ei se face considerându-se următoarele tipuri mai importante de defecțiuni:

- gropile din îmbrăcămintă, peladă;
- fâșguri longitudinale, văluriri, tășiri;
- fisuri longitudinale și transversale;
- falențuri;
- suprafețe defecuate, exsudate, poroase,

De regulă, starea de degradare a îmbrăcămintei sistemului rutier este cuantificată într-un indice de stare tehnică, ale cărui valori corespund unei anumite stări de viabilitate. Pentru calculul acestui indice un anumit tip de defecțiune este luat în calcul cu o anumită cotă procentuală, în funcție de importanța defecțiunii.

Dacă se investighează drumuri din beton, trebuie luate în considerare alte elemente ca distrugerea dalelor la rosturi, prezența pompașului, exfolierea suprafeței sau fisuri ale dalei. Pentru fiecare element, trebuie să se afecteze un indicator cantitativ. O mare varietate de combinații au fost puse la punct dar se utilizează în general indici cum ar fi numărul de defecțiuni existente pe un anumit sector, sau procentajul de suprafață afectat de o anumită defecțiune. În sistemele mai perfecționate, se înregistrează pentru fiecare tip de defecțiune gradul de gravitate [68].

Evoluarea defecțiunilor este mai frecvent efectuată prin observație vizuală, deși ea poate fi însoțită de utilizarea tehnicilor sau echipamentelor fotografice, ca GERPHO (Grup de examen rutier prin fotografie). Este cazul să se noteze că fâșjele pot fi considerate ca rezultatul unei stări funcționale și de asemenea ca o defecțiune. Au fost realizate aparate pentru măsurarea automată a fâșjelor și sînt în curs de punere la punct în mai multe țări aparate pentru evaluarea automată a deschiderii fisurilor.

Deflexiunea, care caracterizează capacitatea portantă a sistemului rutier, poate fi determinată ca efect al încărcărilor statice, cu ajutorul pîrghiei benzelnan, a defletoagrafului Jacoix, sau prin metode dinamice cu ajutorul unor aparate ca: Falling Weight Defectometer (defletoagraf), Dynaflect sau Road Tester [65].

Indicii de viabilitate și alți indicatori ai stării drumurilor tind să se reducă în timp, sub efectul factorilor care, deși acționează adesea simultan, pot fi regrupați în trei categorii:

- condițiile prezente sau imperfecțiuni ale controalelor de calitate;
- trafic excesiv (oboseala straturilor rutiere);
- condiții climatice și efecte ale factorilor de mediu în timp.

Într-un timp de factori produc o degradare anormal de rapidă, care apare adesea între un an și trei ani după construcție datorită materialelor prost selecționate sau a unei compoziții necorespunzătoare și a unui control de calitate necorespunzător în timpul execuției.

A doua cauză este caracterizată prin numărul de treceri

de vehicule, saicoinile pe osii și durata de aplicare precum și prin procentul de vehicule echipate cu pneuri cu cramponne.

A treia grupă regrupează ploaie, ciclurile îngheț/dezghet, temperaturile extreme și gradul de saturație cu apă a solului și fundației, care interacționează cu efectele surcilor producând defecțiuni. Se iau în considerare de asemenea efectele de expunere la raza ultravioletă ale soarelui, care pot schimba proprietățile materialelor și tipurile de defecțiuni care nu sînt legate de trafic, cum ar fi degradările din îngheț-dezghet și oboseala termică ocazională de ciclurile zilnice de temperatură.

O bună înțelegere a modificărilor ce afectează starea drumurilor care o analiză statistică a datelor culese pe un mare număr de sectoare test în timpul unei lungi perioade de timp. Acest lucru este în favoarea punerii în aplicare a unei bănci de date rutiere.

Evoluția stării tehnice a drumului poate fi exprimată prin unul din parametrii de mai jos [49]:

- modificări ale unui indice simplu, unic, precum indicele actual de viabilitate (FSI) cu timpul sau cu numărul de aplicații a încărcării pe osii echivalente;
- modificări ale unui indice global precum indicele de calitate al drumului (PCI) care sînt funcție de modificările constituenților indicelui.

Modelele concepute pentru a prevedea modificările stării tehnice a drumului prin indicatorii de stare individuali, sînt bazate în mod esențial pe legi statistice. Ele sînt derivate din observații și din măsurători efectuate pe diferite tipuri de drumuri în exploatare, ele reflectă condițiile climatice și de circulație reale.

Unele din relațiile tipice ce guvernează variațiile deflexiunilor sistemului rutier sînt următoarele:

- Belgia utilizează un simplu model de prognoză, care leagă deflexiunea caracteristică (d/ZA) sub o încărcare pe osie de 130 kN de un număr cumulat de osii standard de 80 kN pentru diferite grade de degradare [68];

- modelul elvețian se prezintă sub forma unui grafic, care indică modificările deflexiunii, datorită straturilor de

acoperire pe drumurile suple sub o încărcătură pe osie de 130 kN, ca o funcție a numărului cumulat de treceri ale osiei standard de 80 kN;

- provincia Alberta a pus la punct relații ce descriu modificările deflexiunii în funcție de vînta drumului pentru diferite tipuri de structuri [24].

Pentru variații ale uniformității longitudinale a suprafeței, Finlanda a notat o scădere a indicelui de uniformitate a suprafeței de la 0 la 7 cm/km, pe an pentru întregul sa rețea rutieră [13].

Belgia a elaborat un model pentru a prevedea dezvoltarea fîgașelor, exprimate în cm de adîncime a fîgașului (RD) sub efectul numărului cumulat (N) de osii standard 24 :

$$\log RD = - 2,08 + 0,27 \log N \quad (6.1)$$

Diminuarea CFT (coeficientul de frecare transversal) în timp a fost studiată de către administrația italiană care a pus la punct formula:

$$CFT_{\text{actual}} = CFT_{\text{inițial}} - 1,998 \cdot 10^{-6} T \quad (6.2)$$

în care T este numărul cumulat de vehicule grele.

Analizînd procesul de degradare a drumurilor, trebuie să se facă o distincție între diferitele tipuri de sisteme rutiere:

a) sisteme rutiere cu straturi bituminoase subțire cu straturi de fundație nestabilizate. Aceste tipuri de structuri sînt foarte sensibile la variațiile suportului. Cînd drumul se degradează, grave degradări pot apărea sub forma următoare:

- puternică deformare elastică (reversibilă) a sistemului rutier, antrenînd o oboseală a stratului de rulare, ceea ce conduce la apariția falanșurilor, gropilor neregulate, pierderi de materiale și fisuri la margine;

- deformarea permanentă a suportului datorită sarcinilor de trafic ridicate. Modificări profunde ale caracteristicilor îmbrăcămîntei rezultă din cedări în straturile inferioare.

b) sisteme rutiere cu straturi bituminoase groase. Cauzele cele mai comune ale unei degradări rapide a acestor drumuri sînt defectele de concepție sau materialele necorespunzătoare. Este important ca agregatele să fie de bună calitate, ele trebuind să fie aliate cu grijă. Granulozitatea lor trebuie să ofere

caracteristici de rezistență optimă. Se pot semnala ca alte defecțiuni:

- + apariția unor eforturi de întindere mari la baza stratului de rulare din cauza unei grosimi insuficiente a acestui strat sau o slabă aderență cu stratul suport. În aceste cazuri, ruptura stratului de rulare se poate produce, luând forma falențurilor cu dezlipirea parțială a stratului de suprafață bituminos (peladă);

- oboseala în stratul de bază datorită eforturilor de întindere mari de la baza stratului;

- cedarea datorită deformării viscoelastice a amestecurilor în cazurile în care materialul nu are stabilitate din cauza unui exces de liant, a unui liant moale, sau că granulele nu sînt destul de colțuroase (acest lucru adesea se asociază cu condiții particulare datorate unei temperaturi ridicate și a unui trafic intens).

(c) sistem rutier mixt (sistem rutier al cărui strat de bază și, eventual cel de fundație sînt tratate cu liant hidroliu); sînt supuse deformațiilor elastice care sporesc odată cu sarcinile. Degradările acestui tip de sistem rutier sînt rezultatul stărilor caracteristici de rezistență a materialului utilizat sau ale unei grosimi neadecvate a straturilor tratate ținînd cont de intensitatea traficului și numărul vehiculelor grele. Degradările pot lua mai multe forme:

- degradări datorate unui sistem rutier subdimensionat, pot proveni din două procese distincte (degradarea cu pierdere de aderență în care se produc fisuri la oboseală și se ajunge la o falențare în plăci a dalei și degradare cu pierdere de aderență producîndu-se cînd materialul este de slabă calitate, sub forma unor fisuri în rețea, falențări);

- defecțiuni de tipul fisurilor pot proveni din: un strat de rulare prea subțire; un strat de rulare prea permeabil; o aderență slabă a stratului de uzură la cel de fundație și fisuri de contracție sau datorate prizei cimentului și efectelor termice;

- d) sisteme rutiere rigide. Imbrăcămintea trebuie să reziste la eforturile de forfecare iar dalele din beton de ciment trebuie să suporte eforturile de întindere din încovoieră.

Modelele de stabilire a degradării dăunurilor din cauza înghețului tratată înțelegerea de deformări permanente ale imbră -

căminteii drumului. Modelele de determinare a stării drumului din cauza fâgășelor sînt: modelul Shell, modelul VESYS, modelul POMAP, sînt probabiliste prin faptul că se ține de asemenea cont de variațiile propriietăților materialului în calculul adîncimii fâgășului și teste aceste modele, cu excepția modelului Shell, calculează adîncimea fâgășului făcînd suma deformației permanente în fiecare strat al sistemului rutier. Ecuația determinării deteriorării drumului din cauza fâgășelor utilizată în POMAP este bazată pe analize de regresie a drumurilor în funcțiune (POMAP utilizează datele de încercare rutieră AASHO); teste celelalte modele utilizează proprietățile de deformare permanentă a materialelor utilizate, determinate după teste în laborator.

Încercările necesare pentru modelul Menispath sînt puțin complicate căci ele fac apel la încercări triaxiale repetate 13 .

Cu excepția diferențelor menționate mai sus, modelele sînt toate destul de asemănătoare căci teste, cu excepția VESYS, utilizează teoria stratului elastic analizînd restricțiile și deformările drumului.

Totodată, modelul de concepție cel mai utilizat pentru determinarea deteriorării drumului prin fâgășe este bazat pe limite de sarcină permisă pentru stratul de fermă, dată de formula 25 :

$$N_c = 1,365 \cdot 10^{-9} \cdot uV - 4,477$$

în care: N_c este numărul limită de repetiție a sarcinii;
 uV - deformația verticală maximă la baza stratului de fermă.

Acest procedeu limitează deformaerea verticală a supertului, dar nu spune nimic referitor la deformaerea permanentă în straturile superioare ale stratului rutier. De aceea este necesar  a specificațiile de material pentru celelalte straturi să fie sever controlate pentru a asigura deformațiile minime.

6.2. INFLUENȚA STĂRII FERME A DRUMULUI ASUPRA EXPLOATĂRII VEHICULELOR

În general, analiza completă a necazului areast   face să intervină personalul de conducere, de trac, de pneuri, de piese detașate, costurile de manoperă și eventuale, neprecizia și cheltuielile financiare.

Actualmente, puține date sînt disponibile pe această temă. Costurile și costurile sunt cunoscute a stărilor drum în condiții modificate c mpite în condiții de conducere în condiții de conducere drumului.

Figurile 6.1 și 6.2 furnizează totuși unele indicații utile referitoare la acest subiect pentru Canada și Brazilia 24.

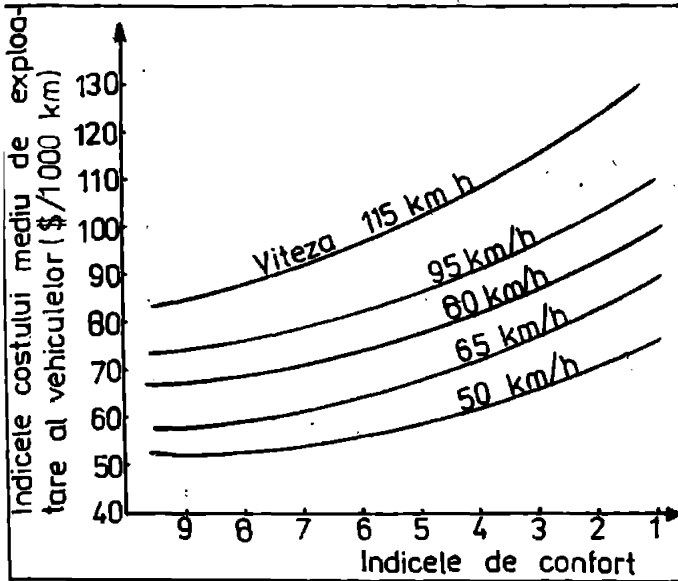


Fig. 6.1. Curba de exploatare a vehiculelor în funcție de indicele de confort.

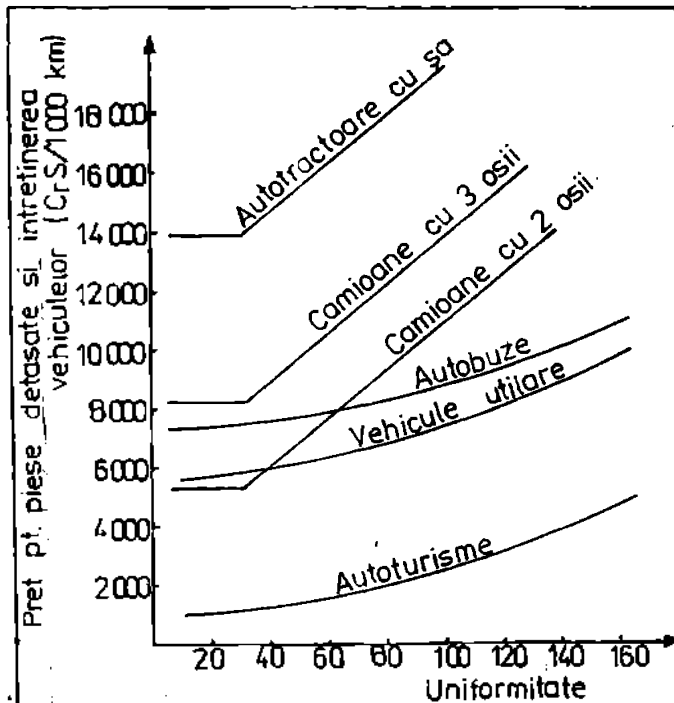


Fig. 6.2. Curba de exploatare a vehiculelor în funcție de uniformitate.

Consumul de carburant al vehiculelor poate fi pus în relație cu macrorugozitatea îmbrăcăminteii și cu starea sa caracterizată prin uniformitatea longitudinală.

Pe îmbrăcămînți cu o planitate perfectă, aplicarea unui tratament bituminos în loc de îmbrăcăminte clasică măjorează de la 20 la 30 la sută valoarea rezistenței la rulare, suplimentul de consum corespunzător putînd fi de ordinul a 2 la sută 56.

Defectele planității longitudinale a drumurilor provoacă mișcări verticale ale vehiculului și modifică forțele de rezistență la rulare și de gravitație adăugîndu-se o componentă aleatorie.

Opeți vehiculul nu numai în mod normal profilul drumului, aceste diferențe de nivel totodată tendința de a se amăli pe o lungime suficientă, ad-

mișcând că nu există nici o acțiune asupra comenzii de accelerație (este evident că aceste două condiții nu sînt îndeplinite).

Pe de altă parte defectele de uniformitate nu sînt fără influență asupra conducerii, căci ele determină variații ale presiunii piciorului asupra acceleratorului, fie prin voința conducătorului, de a adopta viteza sa, fie împotriva voinței sale din cauza oscilațiilor proprii în raport cu caroseria.

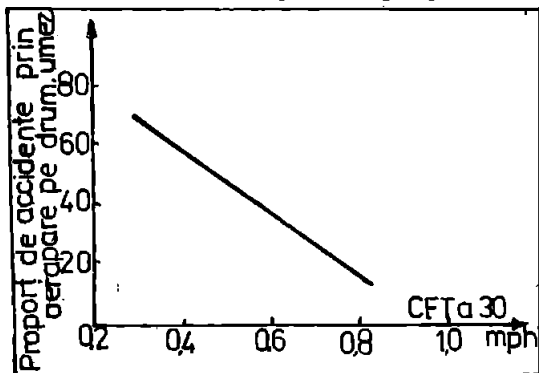


Fig. 6.3. Relația între procentul de accidente prin derapare și CFT (sursă OCLE).

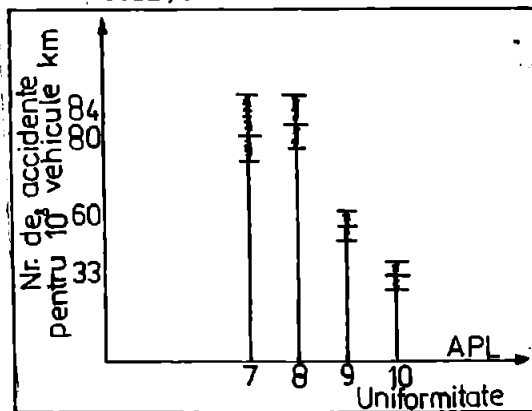


Fig. 6.4. Relația între procentul de accidente și planeitatea suprafeței (sursă OCLE).

Pierderile de energie se regăsesc la nivelul consumului de carburant și a pieselor detașate. Studii experimentale au fost făcute în Franța, studii referitoare la supraconsumul legat de amortizare cu ajutorul măsurării temperaturii lor de încălzire cu o cameră infraroșie.

Riscul de accident poate fi pus în legătură cu doi parametri caracteristici ai stării drumului: coeficientul de frecare longitudinal sau transversal și planeitatea [16].

Până aici, studii parțiale au pus în evidență acești doi factori considerați în mod izolat (fig. 6.3 și fig. 6.4).

Datele disponibile actualmente referitoare la acest subiect par a fi insuficiente în raport cu importanța problemei considerate și cu criza financiară și socială pe care o reprezintă.

Din nefericire, se dovedește că este relativ dificil de a descompune ansamblul costurilor ce revin administrației rutiere, utilizatorilor și comunității.

6.3. SISTEMUL DE GESTIUNE A DRUMURILOR

În ciuda faptului că importante contribuții la fondarea gestiunii drumurilor au apărut în cursul unei lungi perioade de timp, anii care au urmat celui de al doilea război mondial sînt de fapt la originea dezvoltării gestiunii moderne.

Factori cheie cum ar fi dezvoltarea construcțiilor rutiere după al doilea război mondial, multitudinea de progrese tehnologice din domeniul studiilor referitoare la drumuri.

Începînd din anii 1960 și pînă în zilele noastre, următorii factori au jucat un rol important pentru dezvoltarea sistemului de gestiune a drumurilor și pentru interesul care se acordă problemii [25]:

- îmbunătățirea rețelelor rutiere în țările industrializate care au pus accentul pe păstrarea rețelelor existente ;
- restricțiile bugetare tot mai mari în corelație cu necesitățile de întreținere ;
- reducerea costului direct al stării drumurilor asupra cheltuielilor pentru salariați ;
- dezvoltarea tehnologiilor rutiere ;
- creșterea capacității și a capacității de a supraveghea starea drumurilor și a echipamentelor de măsură performanțe ;
- din cauză a creșterii de ordinatoare și de sisteme de informatică ;
- dezvoltarea personală și lucrul în considerare a metodelor de gestiune.

În primele jumătăți ale anilor 1960 și la începutul anilor 1970, în lucrările științifice a început să se utilizeze expresia "Management Information System" (Sistem de gestiune a drumurilor), cu scopul de a descrie întreaga gamă de activități pe care o implică construirea și întreținerea drumurilor [13].

Între timp, numeroase administrații rutiere se servesc la un anumit nivel de o metodă sistematică și obiectivă cu scopul de a determina starea drumurilor și de a planifica întreținerea în conformitate cu starea tehnică și cu posibilitățile bugetare. În majoritatea țărilor OCEC, gestiunea drumurilor a atins un nivel de dezvoltare care să permită punerea sa în practică.

6.3.1. Conceptul unui sistem complet de gestiune a drumurilor

Un sistem complet de gestiune rutieră ia indirect sau direct în considerare costurile pentru utilizator și costurile sociale, în legătură cu starea drumului, aceste costuri fiind în general actualizate pe o lungă perioadă.

În evaluarea costurilor pentru utilizator, se pot distinge două moduri de abordare :

- a considera în mod global ansamblul costurilor și a pune acest ansamblu în relație cu un parametru al stării drumului ;
- a pune fiecare component al costurilor pentru utilizator și costuri sociale în relație cu cei mai semnificativi parametri de stare a drumurilor [49].

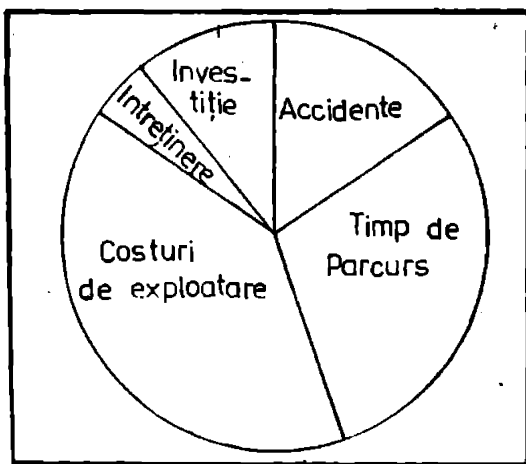


Fig.6.5. Descompunerea costurilor pentru utilizator și comparația cu costurile de construcție și de întreținere.

lor pentru utilizator nu întreprind în mod necesar o creștere a bugetelor disponibile pentru întreținere.

În această abordare, se încearcă să se stabilească un raport între costurile utilizatorului și starea drumului, cantificat printr-un singur tip de notare, referitor de exemplu la uniformitatea longitudinală a suprafeței sau la indicii de vizibilitate. Două exemple sînt cele mai jos :

În primul exemplu, figura 6,6 se prezintă rezultatele referitoare la nivelul Statului Washington, parametrul stării drumului, notat R și măsurat de la 0 la 100 combină un indice de degradare și un indice de rutare (1) .

Deși costurile pentru utilizator constituie un element important al analizei economice, în modelele de decizie acestea se exclud total sau parțial, din următoarele motive:

- datele cantitative nu sînt actualmente disponibile ;
- ponderea extrem de importantă a acestor costuri poate conduce la alegerea de norme de întreținere incompatibile cu restricțiile bugetare ;
- reducerea costurilor

S-a propus o relație directă între acest parametru și PSI (R=20 PSI) pentru a reactualize studiile lui Winfrey [16].

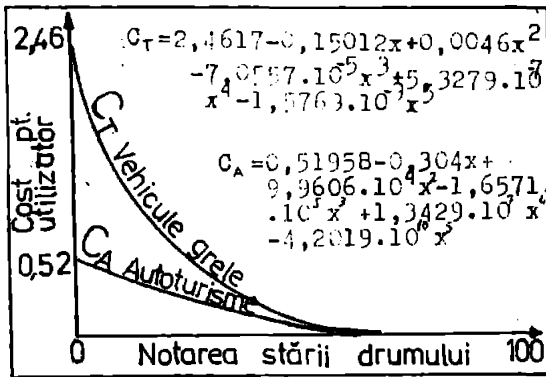


Fig. 6.6. Variția costurilor utilizatorului cu starea drumului (Model Washington).

În al doilea exemplu furnizat de Canada parametrul de stare a drumului considerat este indicele confortului circulației (Riding Comfort Index RI) legate de uniformitatea suprafeței drumurilor. Costurile determinate de starea de degradare a drumului, exprimate în dolari/1000 km, parcurși cu o viteză de 50 km/h, cresc după curbe din figura 6.7.

Cu titlul de exemplu și pentru un parcurs total de 20 000 km, acest cost variază de la 960 US\$ la 1 920 US\$ când drumul trece de la o stare excelentă la o stare foarte proastă [24].

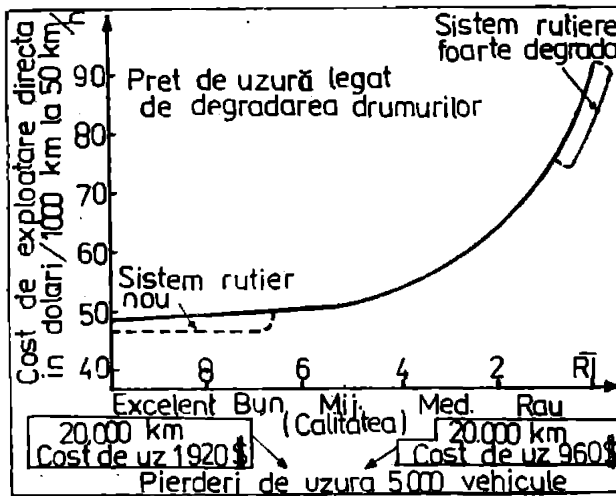


Fig. 6.7. Variția costurilor pentru utilizatorul drumului în funcție de starea de degradare a drumului.

Trebuie să se rețene că ponderea relativă a diferiților factori poate să difere foarte mult de la o țară la alta așa cum se arată pentru următoarele trei costuri în 3 țări diferite. (tabelul 6.1).

La ora actuală, nu există un consens asupra a ceea ce

constitue un Sistem de Gestiune al drumurilor (SGC) complet. Aceas-

Tabelul 6.1.

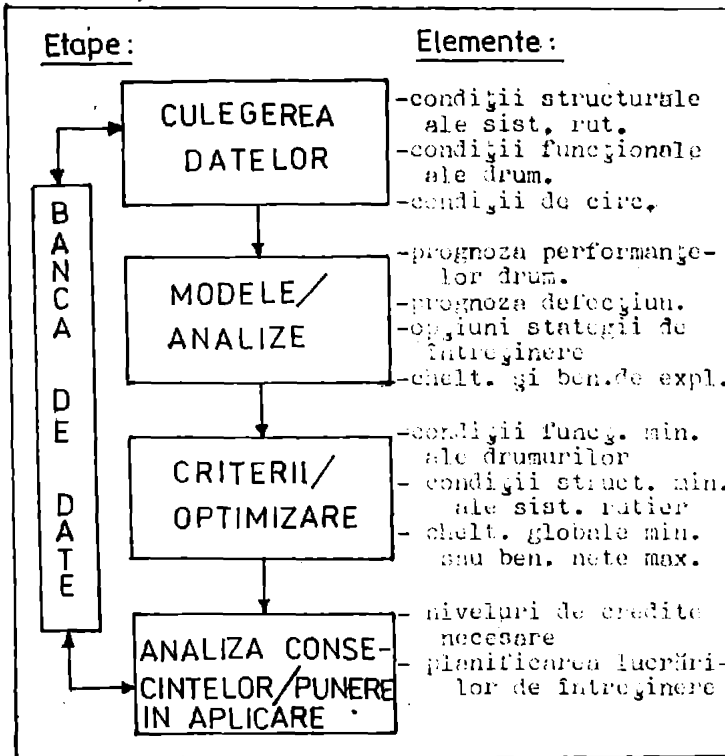
	Franta	Finianda	Suedia
Cost legate de timpul de parcurs	55%	23%	34%
Cost legate de exploatarea vehiculelor	36%	72%	48%
Cost generat de accidente	9%	5%	18%

ta se poate datoră faptului că cea mai mare parte a sistemelor de gestiune sunt fie încă în stadiul de perfectare, fie în curs de punere în aplicare. Un alt motiv ar putea fi chiar natura-SGC-urilor, reprezentând un vast proces, din care întreținerea drumurilor existente face parte integrantă. Totodată, împărțind sistemul în două niveluri, cel al rețelei și cel al proiectelor individuale, fondate pe o bază de date, se poate constitui un cadru de referință în general acceptabil [49].

De regulă, procesul de întreținere a drumurilor cuprinde patru stadii "etape" și anume:

- culegerea datelor ;
- modele/analize ;
- criterii/optimizare ;
- analiza consecințelor/punerea în aplicare.

Gestiunea drumurilor privită ca un proces poate fi redusă la etape care se referă fie la nivelul rețelei, fie la cel a proiectelor, fie la două niveluri cum reiese din fig.6.8.



Există numeroase motive care au determinat necesitatea evaluării stării tehnice a drumurilor și multe moduri de a realiza acest lucru. Principalele tipuri de date ce trebuie culese cuprind "elementele" următoare:

- structura sistemului rutier (date istorice referitoare la construcție, date geometrice, date referitoare la natura terenului, caracteristici de

Fig.6.8. Principalele etape ale procesului gestiunii drumurilor.

greșaj, defecțiuni ale infrastructurii și defecțiuni ale sistemului rutier) ;

- caracteristici funcționale ale drumurilor (uniformitate în profil longitudinal, uniformitate în profil transversal, aderență, lăptura suprafeței, impermeabilitatea înbrăcămintei și proprietăți generatoare de zgomot);

- condiții de circulație (enchetă de trafic, durata de placării și incidentul accidentelor);

- cheltuieli și beneficii (cheltuieli de întreținere, cheltuieli pentru utilizator și cheltuieli sociale).

Delegații de călător este deseori o activitate coexistență și cere mult timp. La ora actuală, mai multe forme de inventarii de date se bazează pe tehnici subiective. Numeroși parametri care intervin în măsurători precum și problemele și exigențele de calitate limitată precizie datelor. De aceea se caută să se pună în operă un echipament de măsurare mai fiabil și mai economic pentru obținerea datelor obiective [13].

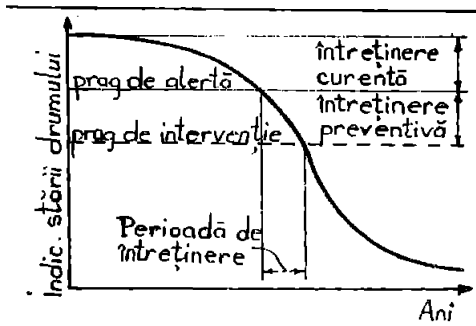


Fig. 6.9. Evoluția stării tehnice a drumurilor.

Starea drumurilor în timp este indicată în fig. 6.9.

Există o relație de corelație fundamentală privind problema de corelare a defecțiunilor cu prognoza performanțelor. Modelul trebuie să fie în măsură să prevadă atât tipul cât și gradul defecțiunilor care vor apărea, în funcție de sistemul rutier înbătrânit, de condiții de circulație, de climă și de timp. Trebuie să se poată prevedea interacțiunea între o defecțiune particulară și celelalte defecțiuni. În plus, este necesar să se cunoască efectul pe care îl vor avea diferitele strategii de întreținere asupra longevității drumului.

Experții sunt de acord de a fi de acord asupra posibilității de a prevedea performanțele și defecțiunile de o manieră exactă. Până în prezent, fiecare țară sau fiecare stat a pus la punct propriul său program și propriul său model care a rezolvat problemele într-o anumită măsură.

O serie de praguri de intervenție în conformitate cu diferitele tipuri de date culese sînt indispensabile în scopul de a putea evalua starea actuală a drumurilor și a decide o acțiune adecvată.

Realizarea lucrărilor de întreținere antrenează o creștere a notei de calitate a drumului așa cum reiese din fig.6.9. Evident, numeroase soluții sînt posibile cînd apare necesitatea de a întreține drumurile și fiecare din ele implică o curbă de performanță specifică. Există nu numai numeroase soluții posibile, dar de asemenea un număr important de combinații, cînd se schimbă calendarul, faza sau tipul de acțiune pe o perioadă lungă. Figura 6.10 ilustrează ca titlu de exemplu două strategii de întreținere diferite [25].

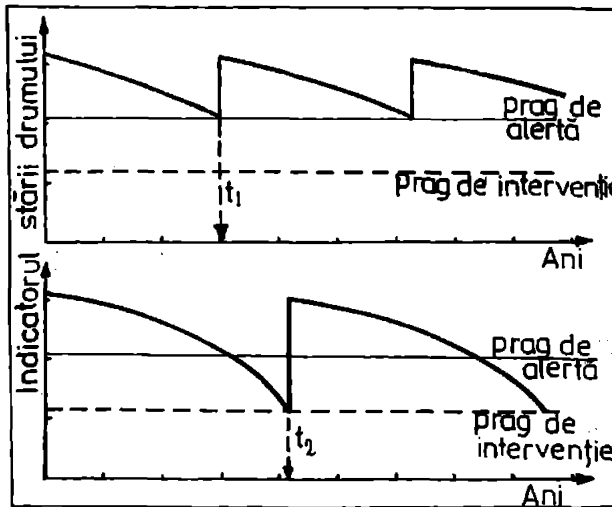


Fig.6.10. exemple de două strategii de întreținere diferite.

pe longevității sau performanței drumului [68].

6.3.2. Baze de date într-un sistem de gestiune a drumurilor

În cadrul sistemului de gestiune a drumurilor (SGD), se folosește o bază de date în mod continuu actualizată conform anchetelor referitoare la starea drumurilor sau a datelor referitoare la circulație și la accidente. Sistemele cu bază de date sînt constituite datorită instalației și întreținerii, ceea ce explică fap-

În fig.6.10 se arată că, dacă afectarea lucrărilor de întreținere se amîină, acest lucru poate să antreneze cheltuieli mult mai mari și neeconomice.

Sistemul de gestiune a drumurilor servește mai multor scopuri. Acestea diferă de la planificarea lucrărilor de întreținere la studiul sau investigarea efectului pe care îl vor avea diferitele tipuri de strategii asupra

tul că bazele de date își găsesc locul lor în prezentul raport [25].

O bancă de date rutiere poate fi definită ca un ansamblu de relații ce prelucrare a datelor care sînt legate între ele prin interdependență și care este accesibilă numeroșilor utilizatori, putînd fi modificate în funcție de cererile acestora și actualizată mereu.

Este deci posibil de a descrie utilizarea rețelei rutiere și de a preciza evoluția caracteristicilor drumului.

Componentele unei bănci de date rutiere sînt :

- definirea datelor accesibile în banca de date și regulile corespunzătoare ce descriu cu precizie cum fiecare element de informație referitor la rețeaua rutieră trebuie să fie măsurat ;
- un sistem de reperare a datelor ce permite localizarea transeelor ;
- fișiere de date ;
- sistem de prelucrare automată a datelor pentru a căuta, prelucra și prezenta informațiile continute în bancă.

6.4. Propuneri privind perfecționarea activității de întreținere a drumurilor în Iran

La ora actuală, în cadrul sectorului de drumuri din Iran se constată tot mai mult că trebuie să se acorde o atenție deosebită activității de întreținere a drumurilor, care deseori se efectuează numai după degradarea masivă a acestora.

Aspectele economice, instituționale și de atitudine, legate de problemele de întreținere a drumurilor în Iran, pot fi rezumate după cum urmează :

- politica de întreținere curentă și periodică, inadecvată și necorespunzătoare ;
- întreprinderi insuficient dotate cu personal și utilaj pentru a efectua o planificare și o execuție eficientă a întreținerii drumurilor ;
- lipsa de personal calificat și experimentat, și a mijloacelor de formare și instruire a personalului ;
- alocării bugetare necorespunzătoare și proceduri de obținere a acestora care consumă un timp prețios, la care se adaugă raritatea pieselor de schimb și standardizarea insuficientă a echipamentului ;
- atitudini personale sau politice care nu încurajează și nu susțin necesitatea întreținerii drumurilor.

Având în vedere influența pe care o are starea tehnică a drumurilor asupra confortului și siguranței utilizatorilor, pe de o parte, și a eficienței transporturilor pe de altă parte, se impune luarea unor măsuri în domeniul întreținerii rețelei rutiere astfel încât să se asigure în permanență o viabilitate corespunzătoare a acestora. Circulația pe drumuri necorespunzătoare din punct de vedere al stării tehnice generează cheltuieli suplimentare datorate creșterii consumului de carburanți, lubrifianti, anvelope și de accentuarea uzurii autovehiculelor.

În scopul perfecționării activității de întreținere a drumurilor se propun următoarele :

- A. În domeniul investigării drumurilor:

- implementarea în Iran a unei metodologii de determinare a stării tehnice a drumurilor cu îmbrăcăminți moderne care să permită aprecierea cantitativă și calitativă, cu ajutorul unor indici, a principalelor caracteristici ale drumurilor : deformabilitatea structurii de rezistență, planicitatea și rugozitatea suprafeței de rulare, starea de degradare a îmbrăcăminții ;

- dotarea unităților de drumuri cu aparatură necesară investigării drumurilor în vederea determinării stării tehnice a acestora ;

- pregătirea unor cadre de specialiști în domeniul investigării calităților funcționale ale drumurilor ;

- organizarea investigării traficului rutier prin recensămînturi permanente și periodice care să permită determinarea caracteristicilor circulației și a evoluției acestora în timp ;

- elaborarea unor instrucțiuni tehnice privind defecțiunile îmbrăcăminților rutiere moderne, cauzele și metodele de prevenire și remediere a acestora ;

- organizarea unei bănci de date rutiere care să permită urmărirea operativă a evoluției caracteristicilor drumurilor din întreaga rețea rutieră.

B. În domeniul organizării întreținerii drumurilor ;

- analiza critică a actualei organizări a întreținerii drumurilor și reorganizarea acesteia, ținînd seama de situația concretă din Iran, de posibilitățile specifice și de necesitățile impuse de economia națională ;

- încadrarea unităților de întreținere cu personal calificat corespunzător și dotarea cu utilajele necesare ;

- promovarea unei politici de întreținere preventivă a drumurilor, care să evite apariția unor defecțiuni majore la nivelul îmbrăcăminții sistemului rutier și să asigure menținerea stăruinii existente a drumurilor ;

- aplicarea unor tehnologii de ranforsare a structurilor rutiere care să țină seama de condițiile concrete din zonă, de materialele disponibile și de caracteristicile traficului rutier ;

- introducerea sistemului de gestiune optimizată a rețelei rutiere care să permită aplicarea unei strategii de întreținere rațională în condițiile resurselor bugetare și materiale alocate.

CAPITOLUL VII

ORGANIZAREA LABORATOARELOR DE DRUMURI DIN

IRAN

În capitolul I am prezentat în rezumat anumite aspecte în legătură cu situația căilor de comunicație din Iran.

În acest capitol se prezintă organizarea laboratoarelor rutiere și importanța lor asupra calității lucrărilor de construcții de drumuri din Iran. De asemenea sînt prezentate propuneri pentru îmbunătățirea organizării laboratoarelor rutiere (centrale și regionale), în vederea realizării unei rețele de drumuri cu calitate tehnică superioară.

7.1. IMPORTANȚA CERCETĂRII ÎN DEZVOLTAREA TEHNICĂ RUTIERĂ.

Avîndu-se în vedere stabilirea generală a obiectivelor și resurselor, precum și uneori inexistența unor informații sau dotări, este necesar să se întreprindă acțiuni de cercetare.

Cercetarea este acțiunea omenească îndreptată spre obținerea de noi informații (cunoștințe) asupra unui domeniu (sistem) dat. În general cercetarea se efectuează sub următoarele forme [10]:

- cercetare fundamentală, care este efectuată cu scopul de a găsi noi fenomene și legi ale naturii, prin care se deschid noi căi progresului și științei ;

- cercetare aplicativă, prin care se urmărește găsirea formelor și metodelor celor mai potrivite de transpunere în tehnică a rezultatelor cercetării fundamentale ;

- cercetare de dezvoltare, efectuată cu scopul descoperirii mijloacelor concrete, practice, de aplicare în producția materială a rezultatelor obținute prin cercetarea fundamentală și aplicativă.

În tehnica rutieră, se întâlnesc mai des ultimele două forme de cercetare și cu precădere ultima. Astfel, cercetarea de dezvoltare apare sub forma cercetărilor și/sau determinărilor de laborator pentru determinarea umidității optime de compactare a pământurilor, stabilirea dozajelor optime pentru betoane de ciment sau mixturi asfaltice, găsierea de tehnologii pentru folosirea unor materiale locale etc. Cercetarea aplicativă se poate întâlni sub forma studiilor pentru noi metode de stabilizare a versanților etc.

Cercetarea în tehnica rutieră este organizată în corelație cu controlul tehnic de calitate sub una sau mai multe forme (laborator de șantier, laborator de întreprindere, activitate integrată cu unitate de cercetare, activitate integrată cu învățământul superior și pe bază de contract de către unități specializate din afară).

7.1.1. Organizarea activității de construcție a drumurilor în Iran

După revoluția din anul 1979, pe lângă Ministerul de Drumuri s-a creat o organizație de construcții, numită, "Mișcarea constructorilor", organizație care efectuează lucrări de construcții de drumuri pe distanțe mai mici, în special în cazul unor localități situate pe drumuri secundare. Fondurile necesare costelor construcției sînt alocate de către primăria localității în care se efectuează lucrarea respectivă.

Drumurile principale în Iran se construiesc sub coordonarea Ministerului de Drumuri. În acest scop există și unele laboratoare de drumuri, dar randamentul acestora, normele cu care lucrează și nivelul (aparate și metode) sînt foarte scăzute.

Majoritatea aparatelor cu care sînt dotate laboratoarele de drumuri și cele utilizate la construcția drumurilor, sînt din import. Metodele aplicate pentru controlul calității drumurilor nu sînt specifice Iranului. Ele sînt preluate de la companiile străine cu care s-a lucrat în colaborare, înainte de revoluția din 1979.

În afară de aceste organe de construcții de drumuri, există peste tot companii particulare de construcții de drumuri interne.

De obicei, drumurile construite de către organizația "Mișcarea constructorilor" sînt fără calitate și norme standardizate. Muncitorii și tehnicienii din această organizație nu au o pregătire profesională corespunzătoare, iar drumurile construite de ei sînt mult sub nivelul normal din punct de vedere al calității.

Drumurile construite de către companiile particulare interne, calitativ sînt mai bune decît cele realizate de "Mișcarea constructorilor". Aceste companii fac contracte cu Ministerul de drumuri, dar după realizarea construcțiilor, echipe desemnate de către minister efectuează un control asupra calității drumurilor executate de companiile particulare.

Problemele fundamentale ce apar în legătură cu controlul de calitate al drumurilor, sînt următoarele:

- lipsa unor norme tehnice care să prevadă limitele între care să fie cuprinse valorile fiecărei încercări de laborator, în funcție de diferitele zone ale țării;

- lipsa echipelor de control și supraveghere a lucrărilor de construcție ;

- controlul de calitate se efectuează de cele mai multe ori după încheierea lucrării și atunci de cele mai multe ori doar formal ;

- diversitatea aparatelor și utilajelor cu care se lucrează diferă la fiecare companie particulară de executarea drumurilor ;

- lipsa unei organizări regionale a laboratoarelor rutiere.

După cum a fost menționat anterior anumite probleme cu care sînt confrunțați inginerii iranieni din sectorul rutier în construcția și întreținerea drumurilor, necesită unele planificări fundamentale cum ar fi : pregătirea tehnică, cercetare, proiectare, organizare, investiții și executarea drumurilor. Fără a planifica metode juste nu se poate ajunge la o rețea de drumuri moderne, durabile și corespunzătoare.

7.1.2. Sistematizarea activității rutiere

Pregătirea tehnică și tehnologică urmărește asigurarea întregii informații științifice necesară nu numai pentru execuția propriu-zisă a lucrărilor de construcții (investiții) cît

și pentru efectuarea lucrărilor de cercetare și/sau de proiectare.

Conceptia generală este ca orice sistem de producție să fie realizat conform unor acte normative și în baza unor informații cât mai complete și la zi asupra tuturor cunoștințelor existente în problema respectivă atât în Iran cât și pe plan mondial.

Realizarea unor noi sisteme de producție presupune atât introducerea progresului tehnic, cu toate formele și căile sale cât și dezvoltarea tehnologiilor, cu toate elementele lor componente și aducerea noilor tehnologii la nivelurile de randament și eficiență planificate.

În continuare sînt prezentate unele sarcini fundamentale care trebuie sistematic aplicate în întreaga activitate rutieră în Iran.

În legătură cu pregătirea tehnică și informațională pentru a atinge o tehnologie adecvată trebuie :

- obținute documentații normative (standarde, și instrucțiuni) ;
- obținute documentații privind metodele tehnice, tehnologiile și produse noi ;
- obținute documentații tehnico-economice de execuție a viitoarelor obiective ;
- gestionate documentații tehnice și a fișierelor speciale din baza de date.

Pentru pregătirea tehnologică sînt necesare următoarele acțiuni:

- studii asupra tehnologiilor existente pe plan mondial;
- adaptarea tehnologiilor la resursele existente în Iran ;
- perfecționarea pregătirii personalului în însușirea introducerii și aplicării noilor tehnologii.

În ceea ce privește controlul de calitate , pentru a aduce nivelul tehnicii rutiere iraniene la un nivel relativ ridicat, trebuie să fie sistematizat un organ care acționează în laboratoarele de drumuri . Pentru controlul tehnic de calitate în scopul unor investigații minime și posibilitatea de a folosi materiale locale cu tehnologii posibile, să se poată realiza cât mai multe drumuri pe suprafața țării și satisfacerea cerințelor naționale. Avînd în vedere scopul amintit se propune în continuare un program de organizare administrativă a activității de cercetare

(laborator și șantier) pe întreaga suprafață a țării,

7.2. ORGANIZAREA GENERALĂ A LABORATORULUI CENTRAL LE DRUMURI (L.C.D)

Rețeaua de laboratoare de drumuri trebuie ^{uit} constituită din laboratorul central de drumuri, laboratoare regionale, centre de studii și de construcții de prototipuri, centrul de experimentări rutiere și stația de încercare a materialelor rutiere.

Obiectivul acestui capitol este de a defini sarcina laboratorului central, stabilirea tutelei tehnice a ansamblului rețelei, de a descrie organizarea sa și a laboratoarelor regionale, dintre care 5. sînt integrate la centrul de studii tehnice de echipament (C.S.T.E)

7.2.1. Laboratorul central de drumuri (L.C.D)

Misiunea sa generală constă în cercetarea științifică și tehnică în domenii de materiale, elemente, structuri, lucrări și utilaje care prezintă interesul serviciilor exterioare ale ministerului.

Această activitate de cercetare cuprinde un domeniu foarte larg confruntându-se cu trecerea timpului în practică cu rezultate ale cercetării : sprijinirea și coordonarea laboratoarelor regionale, participare și reglementare tehnică, consultații, documentare, publicații, brevete și licențe, învățămînt și cooperare tehnică.

Lupă cum se vede în fig.7.1, organizarea schematică a laboratorului central cuprinde direcțiunile și următoarele unități principale; cinci departamente ; cinci servicii tehnice (fizică, chimie, matematică, informatică și materiale) și trei diviziuni.

Pentru aplicarea acestui sistem în Iran, trebuie prevăzută posibilitatea de creare a laboratorului central în capitala țării (Teheran). Acest laborator și activitatea lui trebuie să fie sub coordonarea Ministerului de drumuri din Iran.

Sectorul informației și controlului are următoarele atribute:

- perspective de necesități și elaborarea obiectivelor de studii generale de cercetare, ținînd cont de orientările de plan,

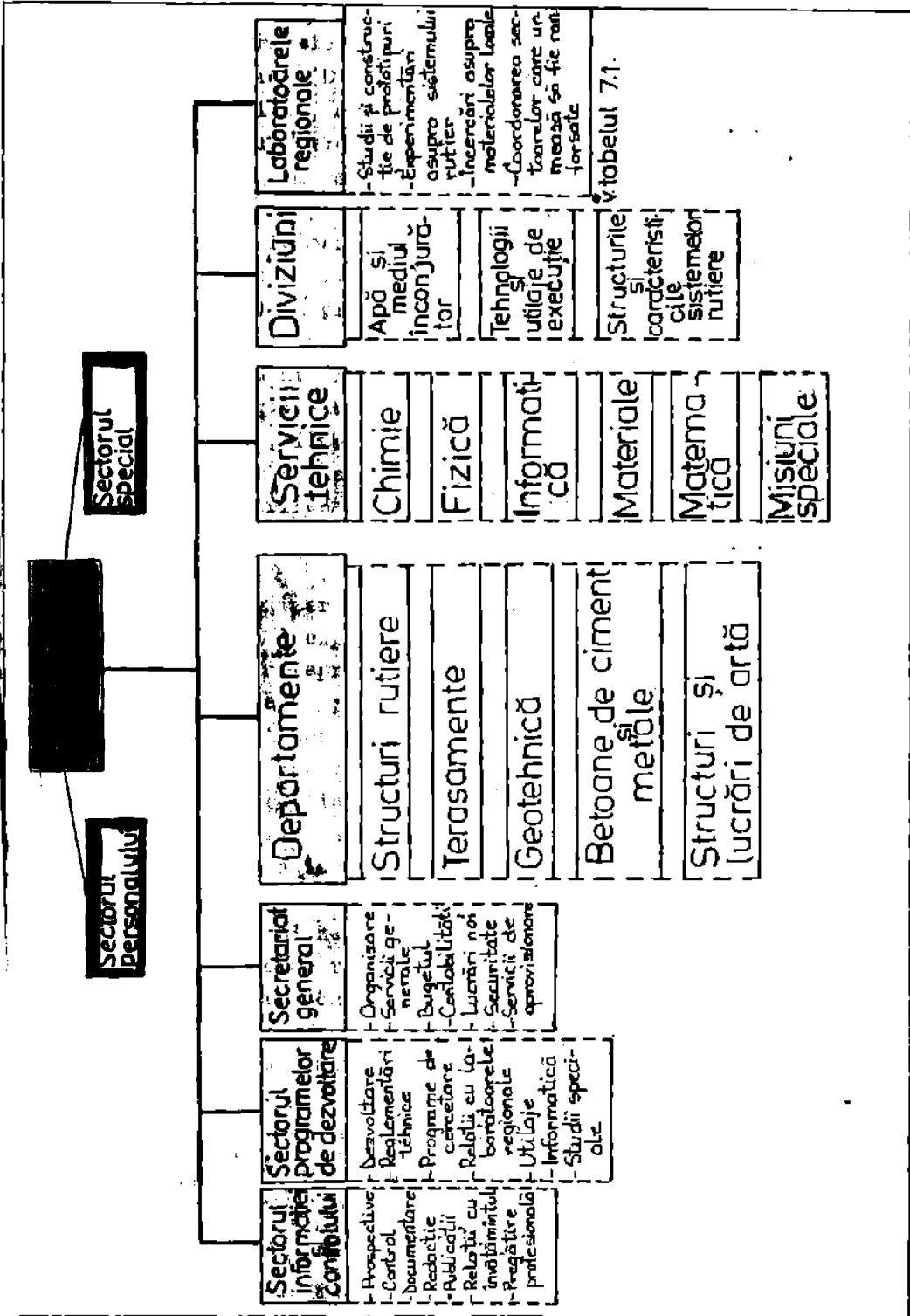


Fig. 7.1. Organizarea schematică a laboratorului central.

de recomandări ale direcției generale ale cercetării științifice și tehnice (D.G.C.S.T), de directivele Consiliului de orientare și gestiune, de prioritățile definite de direcțiile tehnice ale Ministerului mediului înconjurător și alte ministere ;

- programarea plurianuală (în colaborare cu direcțiunea programelor și aplicațiilor) ;
- participarea la comisii de plan și colaborare cu L.G.C.S.T
- perspective de dezvoltare a rețelei laboratorului de drumuri (L.D) și pregătirea programelor corespunzătoare ;
- controlul rezultatelor tehnico-economice și legătura între învățământ și cercetare ;
- pregătirea deciziilor directorului L.C.D. pentru aprobarea publicațiilor Inginerilor L.C.D prin delegația directorului de drumuri și a circulației rutiere ;
- urmărirea pregătirii comunicării la congres ;
- editarea și controlul Bulotinalui de legătură al laboratorului ;
- organizarea (sau asistarea realizărilor) jurnalelor de informații și a expozițiilor referitoare la L.D. pentru servicii exterioare, întreprinderi, conducători de lucrări, etc.

În ceea ce privește Sectorul programelor și dezvoltare, această direcțiune conține trei secții : secția programelor și relațiilor cu laboratoarele regionale; secția de dezvoltare și aplicații și secția de studii exterioare . Ele caută ca [52]:

- să organizeze misiune de coordonare a activităților tehnice a laboratoarelor regionale și de a urmări gestiunea lor generală ;
- controleze utilizarea dotărilor bugetare alocate laboratoarelor regionale pentru studii generale și cercetare și pentru echipamente ;
- asigure legătura L.C.D. cu centrul de studii tehnice și de echipament (C.S.T.E) și în particular să reprezinte L.C.D. la consilii de cercetare și să susțină laboratoarele regionale ;
- redacteze instrucțiuni generale având în vedere elaborarea programelor de cercetare și studii generale ;
- pregătirea bugetelor laboratorului central și a laboratoarelor regionale în legătură cu alte direcții ;
- într-o formă generală , să facă trecerea în practică a rezultatelor cercetărilor și să treacă la aplicații utile.

Secretariatul general trebuie să asigure următoarele acțiuni :

- o funcție administrativă (serviciu general ; servicii specifice și organizare) ;
- o funcție contabil-financiară (contabilitate administrativă, regie de avansuri și recuperarea facturărilor) ;
- o funcție de aprovizionare (cumpărături, recepție, magazine, inventari) ;
- o funcție tehnică (servicii interioare, întreținerea și parcurrea vehiculelor) ;
- o funcție de securitate generală.

Sectorul personalului are următoarele atribuții :

- să procedeze la studii generale referitoare la modalități de aplicare ale statutelor sau reglementarea diverselor categorii ale personalului L.C.L. ;
- asigurarea gestiunii personalului laboratorului central ;
- urmărirea afecțiunilor sociale ale laboratorului central ;
- asigurarea gestiunii formațiunii continue în relație cu direcțiunea perspectivelor, a controlului și informațiilor ;

Misiunea de cooperare tehnică și studii economice conține studii economice, participarea L.C.L. la congrese în țară și peste țară, utilizarea metodelor statistice și cooperarea tehnică.

Serviciul de cooperare tehnică are funcția de a asigura :

- legătura cu organizații din țară cu sarcini de cooperare tehnică ;
- întâmpinarea stagiariilor și vizitatorilor ce provin din străinătate ;
- pregătirea programului de misiune în străinătate.

7.2.1.1. Departamentele

Departamentele importante sînt : structuri rutiere, terasamente, „cotehnic”, beton și astale și lucrări de artă (fig.7.2). Seful departamentului de structuri rutiere este responsa-

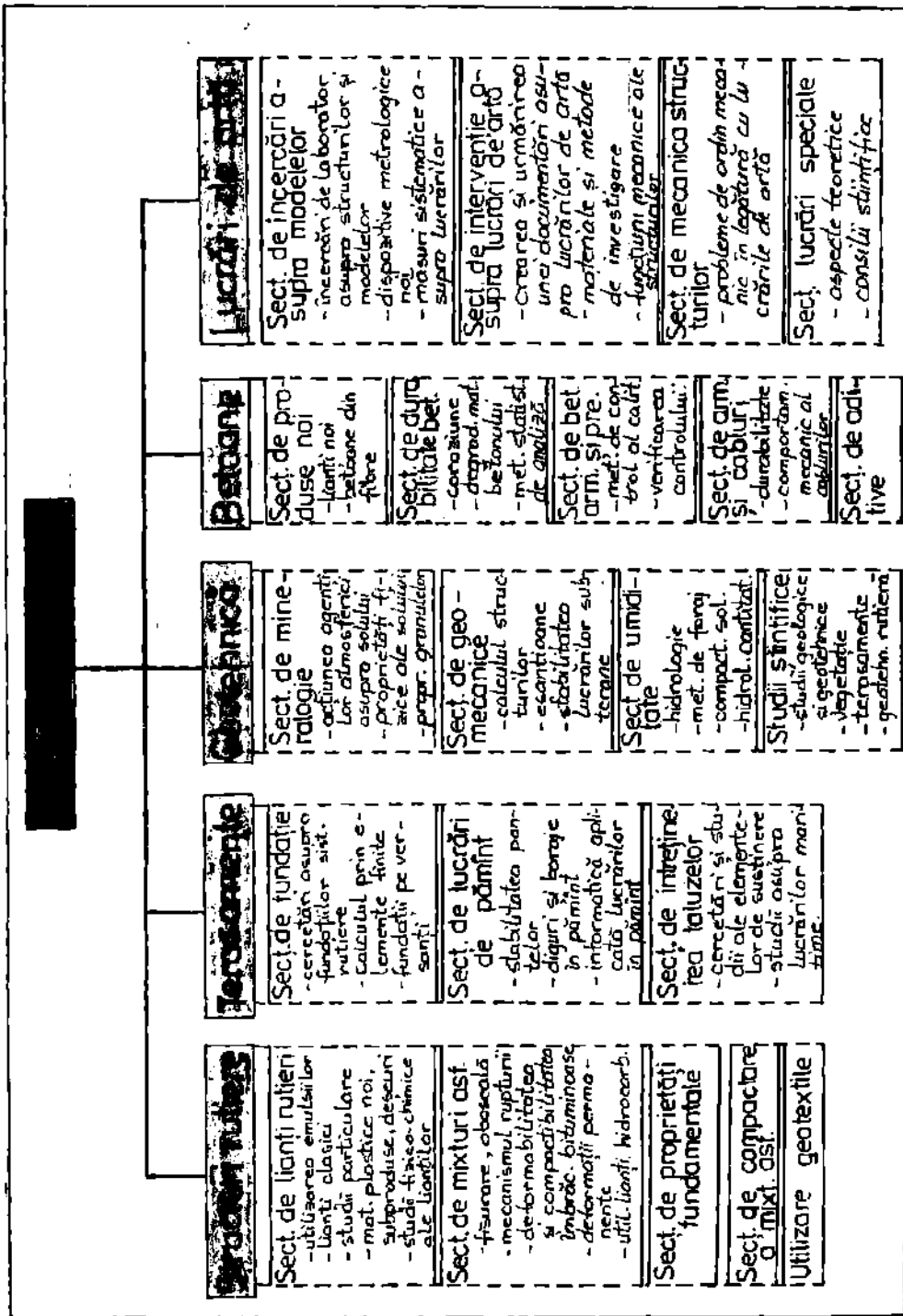


Fig. 7.2. Organizarea facultății și departamentelor.

bil de orientarea și urmărirea cercetărilor în domeniul dimensionării sistemelor rutiere, a caracteristicilor suprafeței de rulare, a lianților hidrocarburați, asigurarea tratamentului cu lianți hidrocarburați și pouzzolanici și utilizarea deșeurilor și produselor secundare industriale în construcția civilă.

În titlul său se definește domeniul și competența obiectivelor de cercetare a diviziunii; metode și materiale de execuție și structuri și caracteristici ale drumurilor.

7.2.1.2. Servicii tehnice

Există cinci servicii definite prin specialitățile lor : fizică, chimie, matematică, informatică și materiale. Dacă în Iran și în cadrul L.D. nu există posibilitatea de a avea toate cinci servicii tehnice, se poate rămâne la această resursă cu numai trei specialități (fig.7.3.).

Pentru tehnica rutieră cea mai importantă specialitate este serviciul de chimie. Activitatea acestui serviciu este în parte directă [52]:

- o activitate de cercetare legată de proprietățile chimice și fizico-chimice ale materialelor folosite în serviciul de proiectant ;

- o activitate analitică în domeniul solurilor, rocilor, cimenturilor, betonurilor, biturilor, emulsiilor, apelor, vopselelor, polimerilor și diverse materiale organice sau minerale pentru unitatea tehnică a laboratorului de drumuri și serviciilor anterioare;

- o activitate de îndrumare care constă în utilizarea vopselelor pentru lucrări de artă și semnalizare : rutiere, de siguranță pentru probleme de chimie generală și analitică ;

- o activitate tehnică reglementară (aprobarea vopselelor anticorozive pentru lucrări metalice, omologarea diverselor dispozitive de semnalizare).

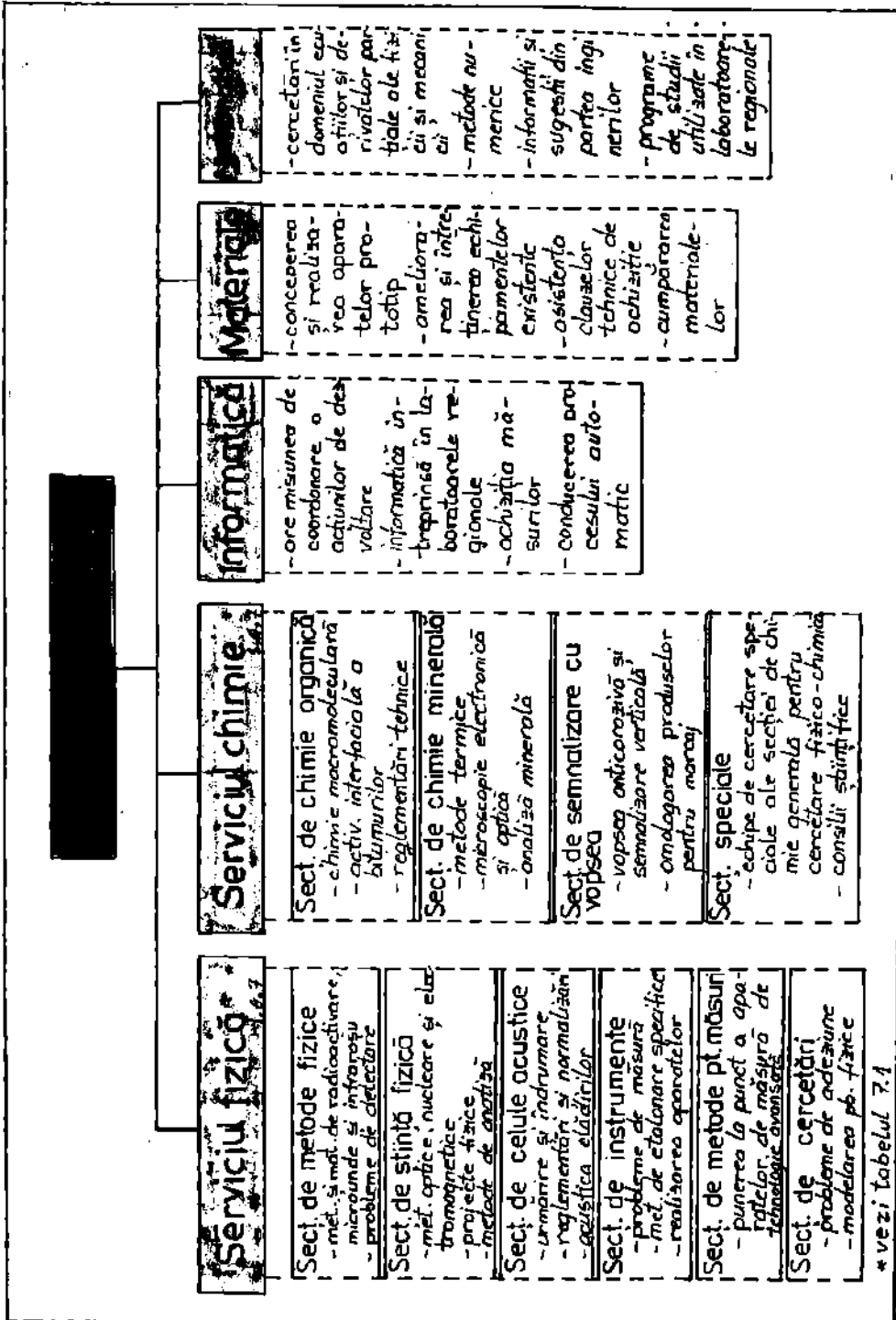


Fig. 7.3. Serviciile tehnice

7.2.1.3. Diviziuni

Sînt alăturate din trei diviziuni : apă și mediu înconjurător ; tehnologii și utilaje; structurile și caracteristicile sistemelor rutiere (fig.7.4).

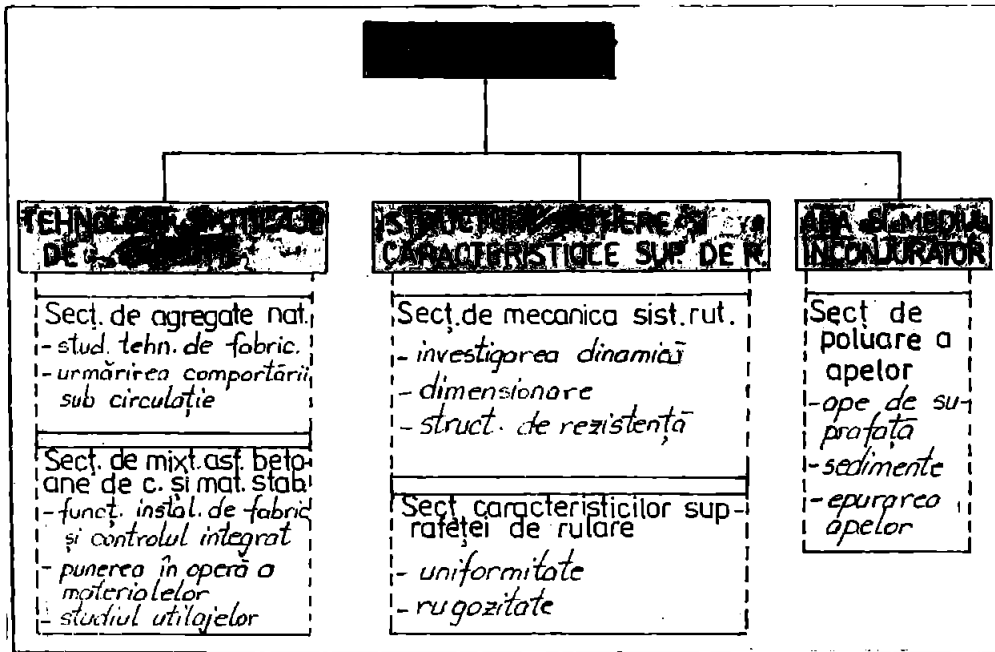


Fig.7.4. Scheme diviziunii

Diviziunea tehnologiilor și utilajelor are cinci tipuri de activitate și anume:

- cercetare asupra utilajelor de fabricație și punere în operă a tuturor materialelor granulare legate sau nelegate (activitățile de cercetare asupra comportării sînt urmărite de departamentul de structuri rutiere) ;
- cercetări asupra comportării agregatelor sub circulație și legătură cu departamentul de geotehnică ;
- punerea la punct a metodelor de control în curs de fabricație sau punere în lucru ;
- participarea și reprezentarea L.C.B. la comisii sau la echipe de redacție a documentelor oficiale ;
- urmărirea și orientarea centrelor de încercări specializate, relații cu constructorii de materiale.

Diviziunea structurilor și caracteristicilor sistemelor rutiere dispune de două instalații grele :

- pista de încercare la oboseală, destinată studiului comportării

structurilor din egală măsură și a agregatelor sub trafic accelerat ;

- pista de alunecare, care contribuie la ameliorarea cunoștințelor în domeniul aderenței.

Cercetările efectuate de diviziunea apă și mediu înconjurător se învecită asupra următoarelor teme :

- studiul sedimentelor în lungul treseiului poluării în flu și în estuar ;

- studiul apurării fizico-chimice (automatizarea și cercetarea unui optim tehnico-economic) ;

- studiul metodelor analitice de evaluere a poluării și interpretarea rezultatelor .

7.2.2. Laboratoarele regionale

În afara laboratorului central de drumuri care a fost propus anterior pentru Teheran, este necesară o ramificare a laboratoarelor pe întreaga suprafață a țării. În acest scop este necesară realizarea unui program sistematic care să definească clar sarcina întregii rețele de laboratoare regionale și de asemenea a fiecărui laborator în zona sa de activitate.

O asemenea rețea de laboratoare regionale încă nu a fost creată de către Ministerul de drumuri din Iran.

Sarcina unei astfel de rețele de laboratoare este foarte variată :

- studii asupra comportamentului amestecurilor asfaltice în zona respectivă (având în vedere condițiile climatice din Iran, aceste studii sînt importante) ;

- studii de laborator asupra pămînturilor și agregatelor locale în vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice ;

- urmărirea evoluției traficului pe drumurile principale care se află în zona de activitate a laboratorului respectiv ;

- studii asupra întreținerii corecte a drumurilor din zona de activitate a fiecărui laborator regional.

Avînd în vedere că rețeaua de drumuri din Iran nu este uniform repartizată pe suprafața țării, concentrația de drum și populația fiind mai mare în partea de nord și vest a țării, o împărțire a laboratoarelor regionale trebuie să țină cont

de acest lucru.

O asemenea organizare a laboratoarelor regionale pe suprafața Iranului, este prezentată în fig.7.5 . Se precizează suprafața pentru activitatea fiecărui laborator regional și se menționează de asemenea sarcina fiecărui laborator.

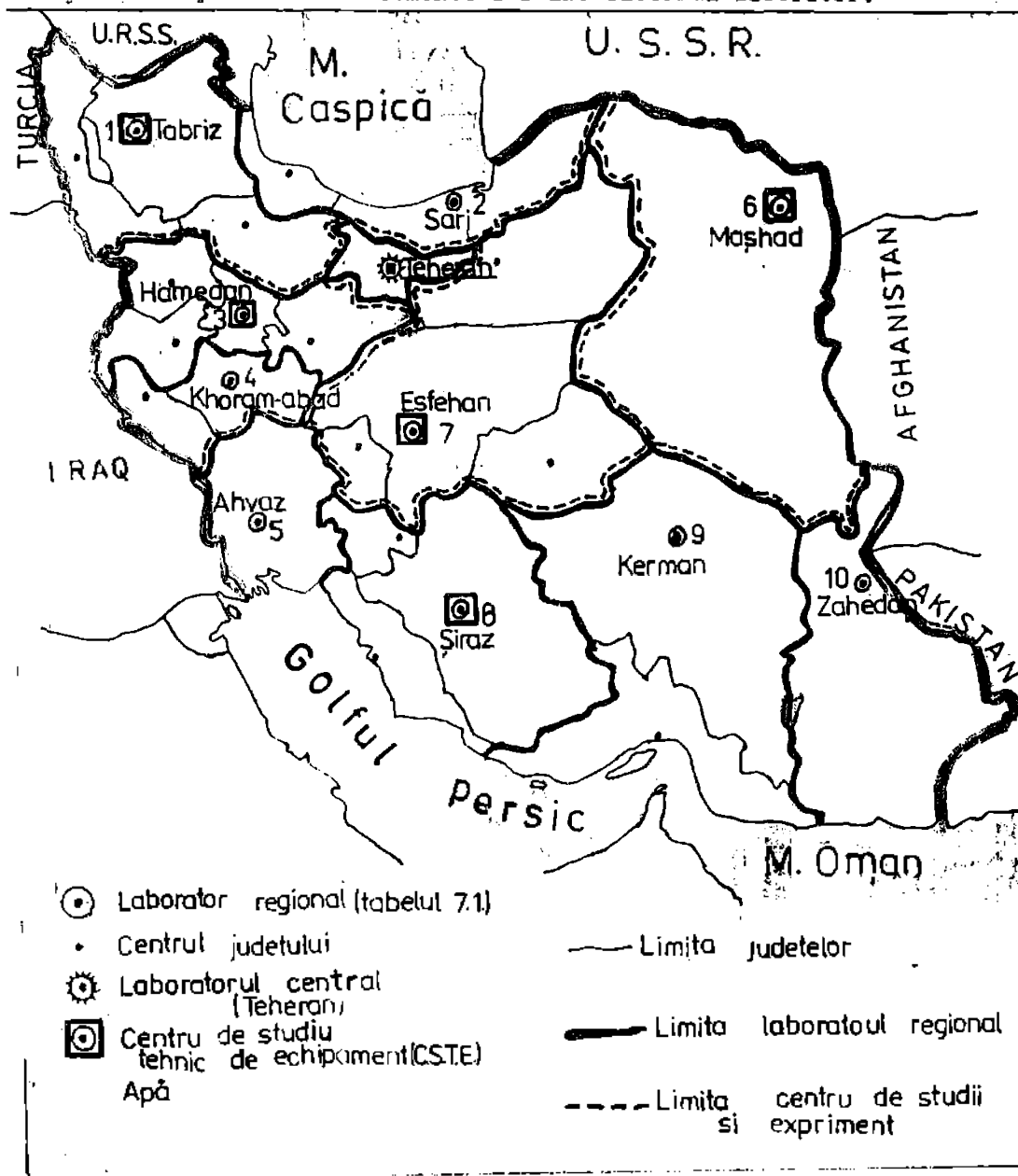


Fig.7.5. repartiția laboratoarelor regionale pe suprafața Iranului.

Lupă cum se vede în fig.7.5, suprafața țării este împărțită în zece zone. Fiecare zonă trebuie să dispună de un laborator regional. La asemenea câte două sau trei zone cu laborator regional trebuie să dispună de un centru de studiu tehnic de echipament (C.S.T.E). Există în total cinci centre de studiu tehnic de echipament pe întreaga suprafață a țării.

Toate laboratoarele regionale și centrele de studiu tehnic de echipament sînt legate cu laboratorul central care trebuie să se afle în capitala țării (Teheran).

Parametrii fundamentali de care s-a ținut cont la împărțirea suprafeței țării în zece zone cu zece laboratoare regionale și cele cinci centre de studiu tehnic de echipamente sînt următorii:

- rețeaua de orașe și concentrarea de populație să fie aproximativ egală în fiecare din zone ;
- în fiecare zonă se află drumuri modernizate și de importanță circulației rutiere a țării ;
- relieful și condițiile climaterice care diferă de la o zonă la alta (avînd în vedere și faptul că cercetările asupra caracteristicilor pămînturilor și influența condițiilor climaterice asupra infrastructurii și suprastructurii drumurilor sînt diferite, în diverse zone ale țării) ;
- fiecare centru de studiu tehnic de echipament (C.S.T.E) să fie aflat într-un municipiu care dispune de un institut de învățămînt superior în vederea colaborării lor cu acest centru.

În viitor, pe baza dezvoltării tehnicii rutiere din Iran, se poate prevedea schimbarea a limitelor care aparțin laboratoarelor regionale sau înmulțirea laboratoarelor. De asemenea se poate îmbunătăți activitatea lor cu obținerea nivelului de tehnologie aplicată în tehnica rutieră.

În tabelul 7.1. sînt prezentate cele zece laboratoare regionale, date geografice și tehnicile rutiere care se află în diferite zone.

Tabelul 7.1.

Pr. crt.	Județe care aparțin în limita lab. regional.	Oragul în care este lab. reg.	Lung. drum. nodal-nizate în km	Lung. drum. sec. în km	Nr. pop. aflată în zonă mil. loc.	Temp. max. °C	Temp. min. °C	Precip. maxime mm/an
1.	Azərbaycan 1,2 Zanjan	Tabriz	2140	4985	5,7	39	-25	485
2.	Ghilan Mazandaran	Sari	1025	1450	3,1	35	-10	2100
3.	Kurdistan, Hamedan Bakhteran Merkezi	Hamedan	1865	3880	4,6	40	-30	443
4.	Luristan Ilam	Khoran Abad	985	1395	1,4	44	- 8	550
5.	Muzistan	Ahvaz	884	1045	2,1	55	- 1	285
6.	Horasan	Mashhad	1350	1470	3,5	39	-21	575
7.	Esfahan Semnan Yezd 4 Mahal, Bakh	Esfahan	1720	2870	5,3	46	-10	150
8.	Fars Bushehr B. Ahmad, K.	Sirvan	695	2620	3,2	48	- 2	350
9.	Kerman Hormozgan	Kerman	1325	2340	2,1	46	-10	300
10.	Sistan va Baluchestan	Zahedan	565	1690	1	40	- 6	80

7.3. CONCLUZII SI PROFUNERI

Sectorul rutier din Iran a cunoscut mari dificultăți datorită importanței care a fost acordată inginerilor străini între anii 1960...1979, iar apoi revoluției din 1979 (în anii după revoluție - cu lipsa formării statului central), care a fost urmată de războiul cu Irakul (8 ani).

Avînd în vedere că Iranul dispune de largi rezerve de materiale de construcții pentru executarea drumurilor și statul are la dispoziție posibilități financiare largi se poate afirma că, **pregătirea unui personal calificat pentru laboratoarele regionale și centre de studiu tehnic de echipamente sau pentru controlul de calitate al lucrărilor de drumuri, nu prezintă dificultăți.**

În cazurile privitoare la randamentul necesar, s-a dovedit imperativă necesitatea de a înțelege că randamentul se obține atunci cînd sarcinile sînt realizate de un personal competent, deci calificat, care nu are nici o lucră din punct de vedere al cunoștințelor profesionale și care dispune de o bază materială adecvată pentru realizarea controlului de calitate.

De asemenea nu trebuie trecută cu vederea constatarea faptului că preocupării pentru calitate, asupra atenției și grijii cu care inginerii de la administrația drumurilor ar trebui să o acorde în mod normal. Din acest motiv se indică **punerea la punct a unui sistem de organizare** care să țină seama de toate celelalte considerații, care să cuprindă de asemenea să rezolve toate problemele în scopul ^{ver}ificării preocupării pentru calitate și a generalizării controlului acestuia. În prezentul capitol este propus un exemplu (este deosebit de întâlnit în Europa) pentru organizarea laboratoarelor de drumuri din Iran.

Știut fiind că **gestiunea în sectorul rutier este legată atît de personal, de baza materială, cît și de rețeaua rutieră** proprie-zisă se poate sublinia că în Iran există o mare **lipsă de personal calificat.**

Capitolul VIII. CONCLUZII FINALE

Studiile efectuate și prezentate în cadrul tezei de doctorat au fost concepute în așa fel încât cele mai eficiente dintre soluțiile și tehnologiile de construcție și întreținere a drumurilor luate în considerare să poată fi aplicate în Iran.

Principalele aspecte caracteristice Iranului din punct de vedere al activității din sectorul transporturilor rutiere sînt:

- rețeaua de drumuri are o densitate redusă, drumurile modernizate fiind neuniform repartizate pe teritoriul țării, în principal recostituiind legătura între marile centre economice;

- condițiile de climă sînt foarte diferite de la o zonă la alta, existînd regiuni cu temperaturi scăzute în nordul țării și cu temperaturi foarte ridicate în sud, în tot timpul anului;

- dezvoltarea economică a Iranului a determinat o puternică creștere a traficului rutier atât din punct de vedere al intensității circulației cît și în ceea ce privește sarcina pe care o suportă vehiculelor;

- evoluția dezvoltării rețelei de căi ferate determină o repartizare preponderentă a transporturilor către sectorul de drumuri;

- lucrările de construcție a drumurilor sînt concesionare de regulă firmelor străine, neexistînd pînă în prezent preocupări pentru dezvoltarea pe baza forțelor proprii a sectorului rutier;

- resursele materiale ale țării pot să asigure necesitățile de construcție și întreținere a drumurilor, atât din punct de vedere al aporțelor naturale cît și al lanțurilor rutiere, existînd suficiente rezerve de bitum și ciment;

- statul iranian manifestă interes referitor la reorganizarea sectorului de drumuri prin prisma eliminării dependenței de firmele străine.

Ținînd seama de condițiile specifice Iranului, în cadrul fiecărui capitol au fost formulate în final concluzii și propuneri concrete care urmează a fi preluate și introduse în cadrul activității de construcție și întreținere a drumurilor. Lîră a repeta aceste propuneri se menționează, în sinteză, următoarele:

mătoarele:..

- referitor la materialele rutiere se propune introducerea unor norme unitare privind condițiile de calitate pe care acestea trebuie să le îndeplinească;

- + se propune a se aplica atât tehnologiile pe bază de bitum, mai ales în nordul țării, cât și cele pe bază de ciment în sudul țării;

- este necesar să se inițieze studii și cercetări în vederea introducerii în Iran a unei metode proprii de calcul al structurilor rutiere atât pentru drumurile noi, cât și în cazul reabilitării complexelor rutiere existente;

- pentru execuția în condiții de calitate corespunzătoare a lucrărilor de drumuri se impune a se intensifica preocuparea în direcția pregătirii unor cadre de specialitate în domeniul proiectării, construcției și întreținerii drumurilor;

- se propune organizarea unei rețele proprii de laboratoare care să asigure controlul de calitate la execuția lucrărilor;

- în vederea utilizării eficiente a fondurilor alocate sectorului rutier se propune implementarea unui sistem de gestiune optimizată a drumurilor care să permită aplicarea unei strategii raționale de construcție și întreținere a drumurilor.

Având în vedere eficiența folosirii materialelor locale precizată este necesar să se aibă în vedere posibilitatea utilizării și a altor materiale în afara celor clasice. În acest sens se presupune valoarea ridicată a rasurilor de nisip bituminoase la proiectarea cimentului, asfaltului sau la îmbunătățirea stării de viabilitate a drumurilor pietruite, aceste tehnologii fiind foarte răspândite la scară mondială. De asemenea este util a se avea în vedere și aplicarea sistemului puzolanic.

Prin urmare, ca măsură de informare pe care îl-am primit la a beneficia de un studiu preliminar, privind perspectivele colaborării ira-ziene-române în domeniul construcțiilor în transporturi, îmi propun ca să solicităm pentru continuarea studiilor, în colaborare cu Institutul de Cercetări și Proiectări, perfecționării activității în domeniul de construcție și întreținere a drumurilor.

B I B L I O G R A F I E

1. APESTIN, V. Renforcement des chaussées revêtues, Vienne. 1979.
2. AȘTEASIU, L. Orientarea cercetărilor în domeniul dimensionării sistemelor rutiere. Construcții în transporturi vol. XX/1970.
3. MILTIU, A. Adezivitatea lianților hidrocarbonați. In: M.I.D. 12/1973.
4. MILTIU, A. Contribuții la studierea și realizarea unor tipuri de mixturi asfaltice eficiente pentru îmbrăcăminti rutiere bituminoase, Timișoara, 1982.
5. CALCIARU, I. Geografia continentelor, Editura didactică și pedagogică, București, 1980.
6. DOROBANȚU, S. și s. Drumuri; calculul și proiectare, Editura tehnică, București, 1980.
7. DOROBANȚU, S. Proiectarea și construcția drumurilor. Institutul de construcții, București, 1975.
8. DOROBANȚU, S. Inginerie de trafic. Institutul de construcții, București, 1979.
9. FOLDR, G. Unii aspecte ale transformării traficului actual în trafic echivalent. I.P. "Traian Vuia", Timișoara, 1979.
10. GHUCĂNEIU, M. Prefabricate din mixturi asfaltice. Editura tehnică, București, 1980.
11. GORDELEV, M.I. Calculul construcțiilor pe mediu elastic. Editura tehnică, București, 1960.
12. HUREANU, C. L'Iran aujourd'hui. Editions Jeune Afrique, Paris. 1975.
13. HURSCHE, R.W. Pavement management systems. Robert E. Krieger Publishing Company. Delabur, Florida, USA, 1982.
14. HURCHJEFF, G. Proiectarea îmbrăcămintilor nerigide. Universitatea din California nr 312/1968.
15. IONESCU, L. Contribuții la caracterizarea comparativă a biturilor de drumuri fabricate din țiteiuri românești. Teză de doctorat, Timișoara, 1981.
16. ILVES, S. Flexible pavement overlay design procedures, Washington, D.C. 1981.
17. IVANOV, I.I. Konstruirovanie i rasčet nojestcix doroznik edajd, Moscova, 1973.
18. IVANOV, I.I. Specialistii francezi despre metodele de calcul a îmbrăcămintilor rutiere de tip nerigide, Moscova, 1987.
19. IZMĂNILĂ, V. Drumuri. Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1970.

20. JERCAI, S. Construcții de drumuri. Institutul de construcții, București, 1981.
21. JERCAI, S. Superstructura și întreținerea drumurilor. Editura didactică și pedagogică, București, 1980.
22. JERCAI, S. Interpretarea statică a rezultatelor încercărilor. Institutul Politehnic, București, 1970.
23. JEUFROY, G. Conception et construction des chaussées, Eyrolles, Paris, 1967.
24. KIRWAN, S. Pavement deformation characteristics of bituminous mixtures for predicting pavement rutting Washington, D.C., 1980.
25. MAJILZADAN, K. Field Study of performance reinforced concrete pavements, FHWA, Columbus, 1973.
26. MATIAS, B. Praktischer Stressenbau, Zurich, 1982.
27. NICOLĂ, L. Curs de drumuri. Vol. I...V. I.P. "Traian Vuia", Timișoara, 1975.
28. NICOLĂ, L. Proiectarea și construcția drumurilor. Tehnologii neconvenționale, I.P. "T.V." Timișoara, 1988.
29. NICOLĂ, L. BILFIU, A. Înbrăcăminți rutiere moderne. Editura tehnică, București, 1983.
30. NICOLĂ, L. PĂRĂȘCU, M., BOI, C., BILFIU, A. Indrumătorul laboratorului de drumuri. Editura Tehnică, București, 1985.
31. NICOLĂ, L. MĂTEȘIU, V., IOBĂȘCU, E. Intreținerea și exploatarea drumurilor. Lăitura Tehnică, București, 1983.
32. NICOLAU, M., JERCAI, S. Utilizarea criteriului deformațiilor de dimensiunare și verificări portante a sistemelor rutiere. Revista Transporturilor, nr.7, 1967.
33. PESCHNY, B. Investigation in to the strenght and deformation of Asphaltic Concretes, Budapest, 1975.
34. PELL, P.S. The response of bitumen-agregate mixes to repeated applications of load, Budapest, 1975.
35. RĂCĂLEL, I. Studiu de sinteză privind metodele de dimensiunare a înbrăcăminților din beton de ciment. Institutul de construcții, București, 1977.
36. ROMĂȘESCU, I., JERCAI, S. Sisteme rutiere. Institutul de construcții, București, 1973.
37. SBORA, P., ȘABĂLĂ, D. Sistemul unitar de transporturi. Editura tehnică, 1981.
38. STĂNCULESCU, I. Considerații privind studiul actual la noi în domeniul proiectării și calculului complexelor rutiere nerigide, București, 1962.
39. STONIK, K. Sisteme rutiere nerigide. Editura de stat, Berlin, 1974.
40. TUREȘTI, M. și alții. Inginerie de sistem, automatizări și informatică în transporturi. Editura tehnică, București, 1988.
41. URSULESCU, N. Geografie economică mondială. Editura didactică și pedagogică, București, 1979.

42. VILKISS, L. Calculul căslelor de fundații aşezate pe mediu elastic. "Construcție", nr. 7-8, 1979.
43. VLĂSCEANU, GH. Oraşele milionare ale lumii. Editura Albatros, 1982.
44. VLĂSCEANU, GH. Transporturile mondiale în secolul 20. Editura Albatros, 1983.
45. WASSILZ, L. The future of the world economy. University Press, New York, 1977.
46. ZORN, S.V. Tropical and subtropical Soil Science. Mir-Publishers, Moscow, 1986.
47. ZOROJANU, H. Preocupări pentru determinarea unor indici de progres în cadrul diverselor metode de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide. Construcții în transport Vol. XXI, XXII.
48. ZOROJANU, H. Referat la "Studiul actual cercetărilor privind comportarea îmbrăcămintelor asfaltice la solicitările dinamice" Institutul Politehnic Iași", 1968.
49. x x x Banque Mondial. Model description and users manual release II, transportation, Washington, 1981.
50. x x x Oficialul de cercetări rutiere. Proiectarea îmbrăcămintelor nerigide A-35 a conferința anuală, 1966.
51. x x x Concluziile celui de al XVII-lea Congres mondial al drumurilor, Sydney, 1983.
52. x x x Rapport général d'activité, 1979. Laboratoire central des ponts et chaussées, Paris, 1980.
53. x x x Reviste generale de "Drumuri și aerodroame" IX, Paris, 1957.
54. x x x Cumulative Damage in Fatigue Journal of Applied Mechanics, 1964.
55. x x x STAS 1939-60. Incerări de drumuri. Dimensionarea sistemelor rutiere.
56. x x x Federal Highway Administration. Pavement Management Proceedings of National Workshop, Washington, D.C., 1981.
57. x x x S.R.I.I. Instrucțiuni tehnice, departament pentru dimensionarea sistemelor rutiere, 1976.
58. x x x Construcții de tehnici rutiere, "Soiuz domii" V. 1957.
59. x x x Pavement evaluation and overlay design "The skill factor".
60. x x x Seminar on concrete overlays. Ce bureau, Bruxelles, 1964.
61. x x x Transportation Research Board "Rapport final, Washington, D.C., 1977.
62. x x x STAS 1939-79. Incerări de drumuri. Dimensionarea sistemelor rutiere.
63. x x x Concluziile celui de al XIII-lea Congres mondial al drumurilor. Tokio, 1967.

64. x x x Cercetările celui de al XVIII-lea Congres mondial al dramurilor. Bruxelles, 1987.
65. x x x Bulletin de construcții. Tipizarea sistemelor rutiere, nr.8, 1977.
66. x x x Load Stresses at Pavement Edge Portland Cement Association, IS, 1969.
67. x x x A-II-a conferință internațională . Capacitatea portantă a drumurilor și pistelor de aeroporturi, Plymouth, 1986.
68. x x x Rapport réalisé par un groupe d'experts scientifiques de l'osde, Paris, 1987.
69. x x x The AASHO Road Test. Report 8. Highway Research Board, 1962.
70. x x x World Road Statistics. FEM R W.ington 1979.
71. x x x Cours de routes. Département Edition de l'Association Amicale des Ingénieurs Anciens Elèves de l'Ecole Nationale des ponts et chaussées, Paris, 1983.
72. x x x Bulletin de liaison des Laborat circa des ponts et chaussées ,no 118, Paris, 1982.
73. x x x Revêtements a base de bitus- Revue générale des routes et des aérodromes, 602, Paris, 1983.
74. x x x Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, novembre 1984 , LOGICIELS.

REVIZIILE limbii persană:

75. x x x Kayhan Navai, no.750...814, anii: 1987...1989, Teheran.
76. x x x Khabar-e Basle Naghi. no 50...70, ani 1987...1989, Teheran.
77. x x x Tables pour le tracé des courbes, par Anatele Matar-Kazai, 1984, Teheran.
78. x x x Inceputurile despre Iran. Mohammad Djarudi Pour, Teheran, 1983.
79. x x x Revista constructorilor si dramurilor, Iraniana ,no.1 1987, Teheran.
80. x x x Asamblarea atelier economice (date atasate) ,no 18, 1987, Teheran.
81. x x x Revista Ichade Bazandeghi, anii 1984...1988, Teheran.