

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII

*ing.* IOAN MALIȚA

CONTRIBUȚII LA STUDIUL  
POSIBILITĂȚILOR DE REABILITARE  
A DRUMULUI NAȚIONAL  
NR. 6 ORȘOVA - TIMIȘOARA

*- Teză de doctorat -*

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

*Conducător științific*  
*Prof. dr. ing. LAURENȚIU NICOARĂ*

Timișoara  
1998



## CUPRINS

<b>CAP. I. CONCEPTUL DE REABILITARE A DRUMURILOR.....</b>	<b>1</b>
1. Introducere.....	1
2. Definierea conceptului de reabilitare.....	2
3. Funcțiile reabilitării în elaborarea sistemelor de gestiune optimizată a drumurilor.....	5
3.1. Premisele abordării sistemelor în optimizarea strategiei rutiere.....	5
3.2. Evoluția sistemelor de gestionare a drumurilor .....	6
3.3. Elementele sistemului de gestionare optimizată a drumurilor.....	9
3.4. Aspecte cibernetice.....	10
4. Funcțiile tehnice și economico sociale ale reabilitării drumurilor.....	13
4.1. Funcțiile tehnice, tehnologice și organizatorice ale reabilitării drumurilor.....	13
4.2. Funcțiile economico-sociale ale planificării, proiectării și execuției lucrărilor de reabilitare.....	14
<b>CAP. II. STUDIUL CARACTERISTICILOR PRINCIPALE DN6 ORȘOVA-TIMIȘOARA.....</b>	<b>22</b>
1. Prezentarea drumului național 6 km 358+000...552+600.....	22
2. Istoricul drumului național nr. 6 km 358+000...552+600.....	24
3. Evoluția lucrărilor realizate pe DN 6 km 358+000...552+600.....	25
3.1. Modernizare drumului național nr. 6 km 358+000...552+600. Structuri rutiere.....	25
3.2. Ranforsarea drumului național nr.6 km 358+000...552+600.....	39
3.2.1. Folosirea nisipului bituminos la ranforsarea drumurilor.....	42
3.2.1.1. Îmbrăcămiinți bituminoase executate din mixtură.....	46
3.2.1.2. Defecțiuni ale îmbrăcămiinților bituminoase executate din mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos.....	54
3.2.1.3. Concluzii și propuneri.....	55
3.3. Lucrări de întreținere executate pe DN6 km 358+000...552+600.....	60
3.3.1. Tratamente bituminoase executate cu agregate naturale în situ (TRABINSIT).....	62
4. Concluzii și propuneri.....	63

<b>CAP. III. NECESITATEA REABILITĂRII DN6.....</b>	<b>68</b>
1. Evoluția traficului.....	68
1.1. Clase de trafic.....	75
1.2. Trafic cumulat.....	77
1.3. Concluzii și propuneri.....	77
2. Studiu de diagnostic.....	78
2.1. Cuantificarea nivelului de degradare a rețelei studiate.....	80
2.1.1. Clasificarea degradărilor.....	80
2.1.2. Definierea stării tehnice a suprafeței de rulare.....	81
2.1.3. Măsurători de planeitate.....	82
2.2. Cuantificarea nivelului capacității portante.....	88
2.2.1. Capacitatea portantă reziduală.....	88
2.2.2. Capacitatea portantă necesară.....	90
2.2.3. Capacitatea portantă suplimentară.....	91
2.2.4 Starea tehnică structurală.....	92
2.2.5. Capacitatea portantă a podurilor.....	96
2.3. Concluzii și propuneri.....	100
2.4. Sectoare periculoase pentru capacitatea de trafic.....	101
2.4.1. Inventarierea și analiza accidentelor.....	101
2.4.2. Determinarea ratei de producere a accidentelor.....	102
2.4.3. Identificarea și analiza sectoarelor periculoase.....	104
2.4.4. Concluzii.....	111
2.5. Examinarea ambientală.....	111
2.5.1. Surse de poluare ale drumului și efectul lor asupra mediului.....	112
2.5.2. Poluarea ca rezultat direct al autovehiculelor.....	113
2.5.3. Poluarea ca urmare a construcției drumului.....	114
3. Concluzii și propuneri.....	115
<b>CAP. IV. ANALIZA POSIBILITĂȚILOR DE REALIZARE A REABILITĂRII DRUMULUI NAȚIONAL NR. 6.....</b>	<b>119</b>
1. Obiective și mijloace.....	119
1.1. Studiul tehnic de adaptare a sistemelor rutiere la cerințele traficului existent și de perspectivă.....	120
1.2. Studiul economic de evaluare a costului lucrărilor și a costului de exploatare a autovehiculelor.....	126
1.2.1. Evaluarea costului proiectului de reabilitare.....	126
1.2.2. Costul de exploatare a autovehiculelor.....	129
2. Etapizarea lucrărilor și selectarea sectoarelor pentru fiecare etapă.....	130
2.1. Variante de reabilitare.....	134
2.1.1. Evaluarea variantelor de reabilitare.....	136
2.1.2. Evaluarea măsurilor propuse pentru rezolvarea sectoarelor periculoase și mărirea siguranței circulației.....	136
2.1.3. Evaluarea măsurilor propuse pentru protecția mediului.....	138

3. Soluții tehnice studiate pentru reabilitarea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600.....	140
3.1. Soluții tehnice pentru sporirea capacității portante a structurilor rutiere existente pe DN6 km 358+000...552+600.....	141
3.1.1. Refacerea îmbrăcăminților bituminoase uzate prin procedeul Wirtgen.....	143
3.1.2. Straturi rutiere armate cu geogriile.....	151
3.1.2.1. Interacțiunea geogrila - strat rutier.....	152
3.1.2.2. Armarea straturilor bituminoase cu geogriile.....	155
3.1.2.3. Concluzii și propuneri.....	156
3.1.3. Straturi rutiere din materiale tratate cu lianți puzzolanici.....	157
3.1.3.1. Principii privind stabilirea dozajelor optime.....	158
3.1.3.2. Prepararea amestecurilor realizate din materiale stabilizate cu lianți puzzolanici.....	166
3.1.3.3. Compactarea straturilor rutiere din agregate naturale tratate cu lianți puzzolanici.....	168
3.1.4. Concluzii și propuneri.....	171
3.1.5. Soluții pentru tratarea fisurilor transversale și longitudinale.....	172
3.1.5.1. Teoria simplificată a fisurării prin contracție.....	173
3.1.5.2. Comportarea în exploatare a structurilor rutiere mixte, fără straturi cu rol de preluare a fisurilor.....	190
3.1.5.3. Comportarea în exploatare a structurilor rutiere mixte înglobând straturi pentru prevenirea transmiterii fisurilor.....	193
3.1.5.4. Tehnologii specifice pentru încetinirea sau împiedicarea transmiterii fisurilor prin straturile rutiere bituminoase.....	194
3.1.5.5. Concluzii și propuneri.....	207
3.1.6. Straturi rutiere realizate din mixtură asfaltică fabricată cu bitum modificat.....	209
3.1.6.1. Fabricarea mixturilor asfaltice cu bitum modificat pentru realizarea stratului de uzură pe DN7 km 547+000...594+000.....	211
3.2. Soluții tehnice pentru îmbunătățirea suprafeței de rulare.....	213
3.2.1. Tratamente bituminoase antizgomot (fonoabsorbante).....	214
3.2.2. Covoare asfaltice subțiri din mixtură asfaltică la rece cu emulsie bituminoasă cationică (RALUMAC).....	215
3.3. Soluții tehnice pentru reabilitarea podurilor.....	217
3.3.1. Soluții pentru reparații la infrastructura podului.....	218
3.3.2. Refacerea rosturilor.....	219
3.3.3. Refacerea hidroizolațiilor.....	221
3.4. Soluții tehnice propuse pentru rezolvarea sectoarelor periculoase și mărirea siguranței în circulație.....	222
3.5. Soluții tehnice pentru protecția mediului.....	235
4. Concluzii, propuneri.....	238

<b>CAP. V. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI APLICABILITATEA REZULTATELOR OBȚINUTE.....</b>	<b>242</b>
1. Concluzii generale.....	242
2. Contribuții originale, experimentarea și valorificarea rezultatelor obținute.....	252
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>256</b>

## PREFAȚĂ

În ultimii ani Administrația Națională a Drumurilor depune eforturi susținute pentru reorganizarea și modernizarea activităților rutiere din țara noastră. Una dintre preocupările majore privește dezvoltarea patrimoniului rutier existent și aducerea rețelei rutiere din toate punctele de vedere în situația de a răspunde exigențelor utilizatorilor.

În acest context se încadrează și strategia reabilitării principalelor drumuri naționale și în special traseele cu circulație europeană.

Programul de reabilitare a drumurilor elaborat de AND constituie o premisă în preocupările specialiștilor din țara noastră. Experiența acumulată cu ocazia realizării primei etape de reabilitare (1993...1998) se valorifică în perioada care urmează.

În contextul acestor preocupări se înscrie și teza de doctorat care caută să aducă unele contribuții noi și originale privind abordarea reabilitării drumurilor și încearcă să prezinte cele mai eficiente soluții din punct de vedere tehnic și economic care sunt posibil de aplicat pentru reabilitarea drumului național nr. 6 Orșova - Timișoara.

Teza de doctorat cuprinde următoarele capitole:

Cap. I. Conceptul de reabilitare a drumurilor

Cap. II. Studiul caracteristicilor principale

DN6 Orșova - Timișoara

Cap. III. Necesitatea reabilitării DN6

Cap. IV. Analiza posibilităților de realizare a reabilitării drumului național nr. 6

Cap. IV. Analiza posibilităților de realizare a reabilitării drumului național nr. 6

Cap. V. Concluzii generale, contribuții originale și aplicabilitatea rezultatelor obținute

Întregul material este structurat în scopul de a oferi în scopul celor interesați elemente reale în vederea aplicării unor soluții tehnice și economice posibil de realizat și de aplicat în tehnica rutieră românească.

\*

\*

\*

Autorul își exprimă profunda recunoștință și mulțumire celor care l-au ajutat la elaborarea tezei de doctorat, Profesorului dr. ing. LAURENȚIU NICOARĂ, care i-a călăuzit cu înaltă competență și exigență drumul în activitatea de producție, studiu și cercetare, pentru orientarea dată cercetărilor științifice care au condus la elaborarea prezentei teze de doctorat și nu în ultimul rând pentru sfaturile și îndemnul prețios în momentele dificile, pentru pasiunea pe care mi-a insuflat-o în introducerea noului în sectorul de drumuri.

Mulțumesc cu respect și considerație referenților oficiali, Prof. dr. ing. STELIAN DOROBANȚU, de la Universitatea Tehnică de Construcții București, Prof. dr. ing. MIHAI ILIESCU, de la Universitatea Tehnică Cluj-Napoca și Prof. dr. ing. NICOLAE VLAD de la Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași, pentru munca depusă analizării tezei și pentru îndrumările și sugestiile tehnice pe care mi le-au acordat în decursul anilor de colaborare cu Domniile lor.

De asemenea mulțumesc doamnei Dr. ing. Aurica Bilțiu pentru sprijinul tehnic și moral acordat în perioada de pregătire și elaborare a experimentărilor efectuate în cadrul DRDP Timișoara.

Mulțumesc facultății de Construcții din Timișoara și Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicații din cadrul acestei facultăți pentru sprijinul tehnic și material acordat pe toată perioada doctoraturii.

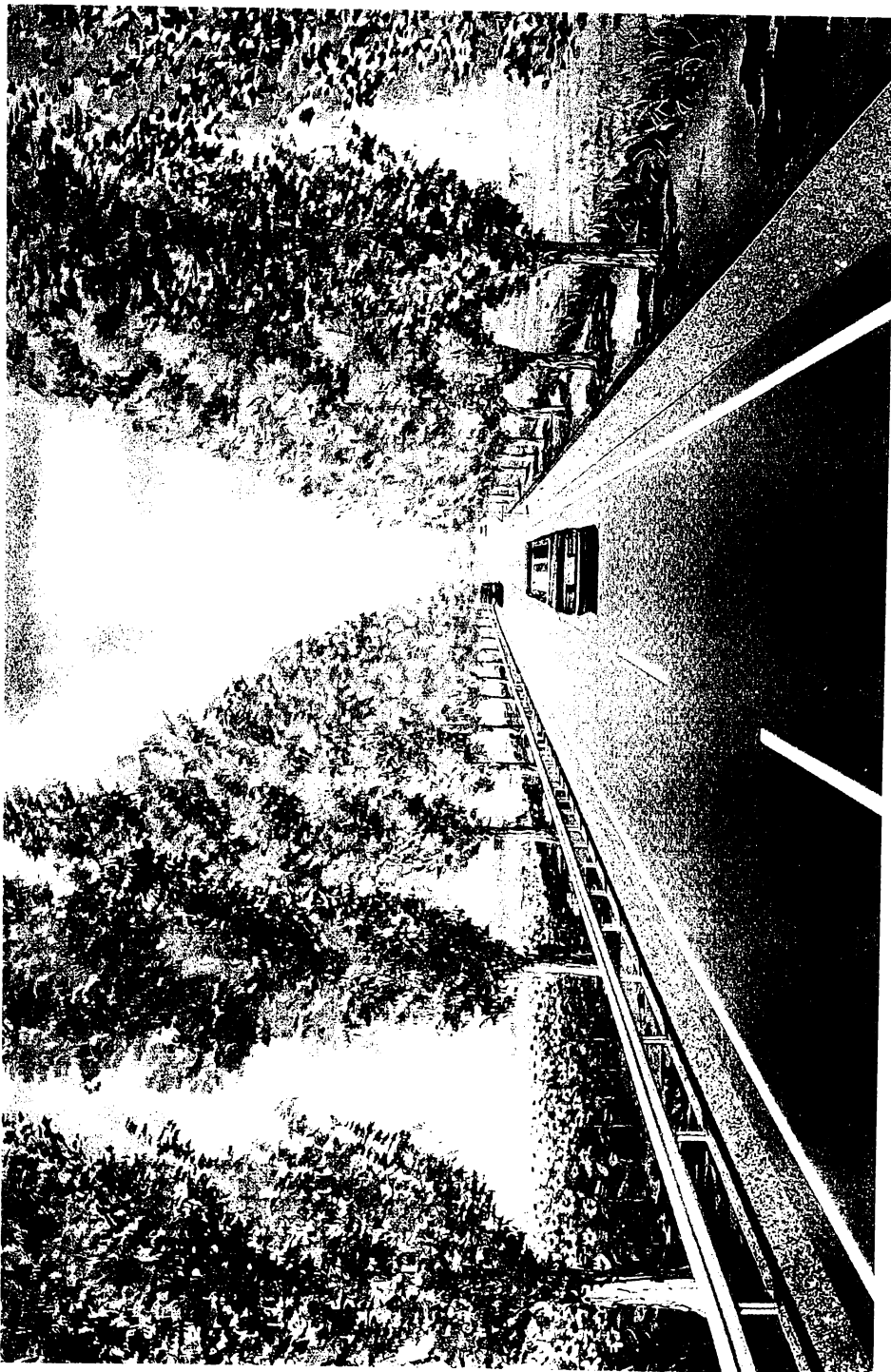
Țin să mulțumesc colegilor și colaboratorilor de la unitățile de cercetare cu care am colaborat: CESTRIN București, INCERTANS București, IPTANA SEARCH S.R.L. București și filiala din Timișoara, pentru ajutorul și sprijinul acordat în realizarea studiilor și cercetărilor întreprinse.

Adresez mulțumiri tuturor colegilor de la Administrația Națională a Drumurilor din România, constructorilor de la GSDP Timișoara și EDICT Arad care m-au ajutat să experimentez și să implementez în practică soluțiile proprii și tehnologiile noi studiate.

Mulțumesc colegilor și colaboratorilor de la Direcția Regională de Drumuri și Poduri Timișoara, de la Secțiile de Drumuri din cadrul regionalei, în mod deosebit personalului tehnic și muncitor de la SDN Arad, care pe tot parcursul activității mele m-au ajutat și au colaborat la experimentarea, implementarea și realizarea tehnologiilor și utilajelor noi gândite și propuse de doctorand.

Autorul

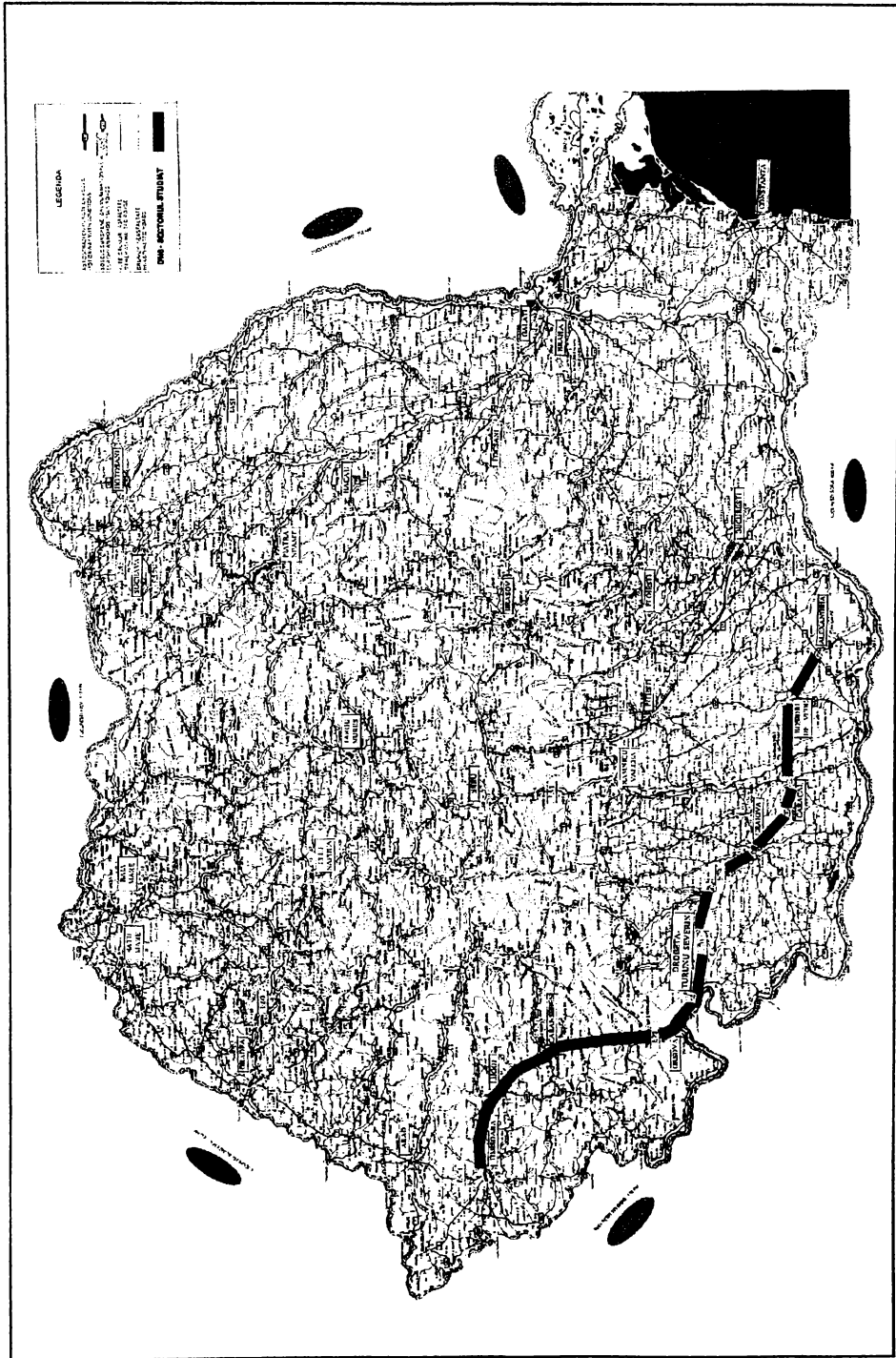




DN 6 SECTOR DUPĂ REABILITARE



DN6 SECTOR DUPĂ REABILITARE



DN 6 SECTOR STUDIAT



*Foto 1. harta sectorului analizat de pe DN6.*



*Foto 2. DN6 km 370+000.*



*Foto 3. DN6 km 387+300.*



*Foto 4. DN6 km 445+600.*



*Foto 5. Amenajare parcare cu fântână, DN6 km 477+500*



*Foto 6. DN6 km 549+959.*

# CAP. I. CONCEPTUL DE REABILITARE A DRUMURILOR

## 1. Introducere

Modernizarea și dezvoltarea în ritm susținut a rețelei de drumuri naționale din țara noastră în primele decenii după cel de al doilea război mondial, ca urmare a dezvoltării impetuoase a întregii economii naționale și a vieții sociale, a condus la dezvoltarea intensivă a transporturilor și implicit la creșterea traficului rutier.

Având în vedere faptul că în acea perioadă structurile rutiere nerigide au fost proiectate pentru durate de exploatare cuprinse între 7...10 ani și datorită faptului că intensitatea traficului rutier cât și greutatea pe osie a autovehiculelor au crescut într-un ritm superior celui prognozat, în ultima perioadă se simte tot mai pregnant nevoia refacerii rețelei rutiere prin sporirea de capacitate portantă a complexelor rutiere existente și îmbunătățirea parametrilor geometrici ai drumului.

Dezvoltarea echilibrată a întregii economii naționale impune o repartizare judicioasă și diferențiată a tuturor resurselor disponibile, în sectoarele finanțate de stat, fapt ce a condus la impunerea unor restricții privind alocarea resurselor în sectorul de drumuri.

În aceste condiții, cu toate că transporturile rutiere au cunoscut o limitare privind relațiile de transport, sectorului de drumuri îi revine o sarcină deosebită de a crea condiții ca drumurile existente să poată prelua traficul destinat transporturilor de mărfuri (traficul greu) și să asigure condiții optime de confort rutier.

Se impune deci elaborarea unei strategii, formulată concret și aplicată consecvent în practică, pentru aducerea drumurilor la o stare normală de exploatare.

Experiența franceză, condusă și finalizată cu succes în perioada anilor 1964...1970 și cea din Suedia în perioada anilor 1975...1980, a demonstrat că o strategie rutieră judicios argumentată și bine aplicată a redresat spectaculos rețelele rutiere din cele două țări [2].

Pentru a putea elabora o astfel de strategie, după părerea mea, sunt necesare o serie de acțiuni pregătitoare sau conexe și anume:

- organizarea activității de investigare rutieră, necesară pentru a cunoaște starea concretă a rețelei, în vederea transformării strategiei în tactică, adică într-o activitate practică de planificare și execuție a lucrărilor de reabilitare;

- studierea condițiilor de exploatare a fiecărui sector de drum în parte, inclusiv la nivelul unei prognoze cu grad înalt de probabilitate. Acest lucru permite o dezvoltare corespunzătoare a metodologiei de analiză funcțională în corelație directă cu cerințele dezvoltării economico - sociale generale;

- conceperea și dezvoltarea de noi tehnologii de execuție calitativă a lucrărilor; cunoașterea exactă a parametrilor tehnici pentru fiecare fază de execuție;

- elaborarea unei metodologii de proiectare de înaltă performanță, care să rezolve toate problemele rețelei rutiere aflate în studiu.

În țara noastră, s-a elaborat o astfel de strategie în anul 1992 de către IPTANA SA București la solicitarea AND București, strategie care are în vedere reabilitarea drumurilor naționale importante pe termen scurt și ranforsarea celorlalte rețele de drumuri naționale pe termen lung și mediu.

Studiile bibliografice [10; 11; 16; 18; 22; 29; 30; 36; 38; 40; 42; 43; 44; 45; 59; 84; 85; 86; 87; 93; 94; 97; 98; 100], și cercetările efectuate de doctorand în perioada 1991...1997, mi-au permis o primă definiție a conceptului de reabilitare, fără a avea pretenția că în subcapitolele ce urmează (2; 3; 4) am epuizat această temă sau am definit cel mai corect din punct de vedere științific acest concept.

## 2. Definierea conceptului de reabilitare

Drumurile fiind construite sub forma unor structuri stratificate prezintă caracteristici specifice proprii în comparație cu alte genuri de construcții, atât în ceea ce privește variabilitatea solicitărilor cât și contactul permanent cu factorii climaterici.

Evoluția degradării straturilor rutiere este generată în principal de următoarele cauze:

- solicitări din traficul rutier: sunt solicitări mecanice cu caracter dinamic, având frecvențe și mărimi aleatoare. Acestea prezintă în general o tendință de creștere în timp, atât sub aspectul mărimii sarcinilor dinamice, cât și al frecvenței acestora ca urmare a evoluției transporturilor rutiere în conformitate cu dezvoltarea logică a societății;

- solicitările generate de acțiunea factorilor climaterici: datorită condițiilor specifice de exploatare a drumurilor, acești factori acționează permanent în timp și cu intensități variabile, modificând caracteristicile fizico - mecanice și chimice a straturilor rutiere;

- execuția necorespunzătoare a lucrărilor: degradarea drumurilor poate fi amplificată și datorită unor cauze generate de concepția greșită în alcătuirea complexelor rutiere; de calitatea necorespunzătoare a execuției lucrărilor sau a



materialelor puse în operă precum și de nivelul tehnic scăzut al lucrărilor de întreținere și reparații;

- proiectarea deficitară a drumului prin elaborarea unor variante reduse, evitându-se din lipsă de fonduri o serie de elemente tehnice a drumului, inclusiv problemele de mediu.

Însăși istoria concepției și construcției drumurilor publice a confirmat o dezvoltare continuă a principiilor, metodelor și tehnologiilor de execuție, conducând astfel la o îmbunătățire - modernizare succesivă a calității drumurilor.

Caracterul obiectiv rațional al acestor aspecte se recunoaște și în etapa actuală de evoluție a drumurilor publice, când principiul modalității raționale de acțiune este cel al ameliorării capacității portante a complexelor rutiere, în strictă conformitate cu cerințele dezvoltării economico - sociale reale, prin ranforsarea acestora.

***Conceptul de reabilitare a drumurilor presupune concomitent cu mărirea capacității portante a structurilor rutiere și execuția unor lucrări conexe în funcție de cerințele ce derivă din clasa tehnică a drumului și anume:***

- sporire de capacitate, prin executarea de benzi suplimentare pentru traficul lent;
- aducerea podurilor la clasa tehnică corespunzătoare traficului pentru care se face reabilitarea;
- colectarea și evacuarea apelor de suprafață;
- corectarea locală a unor elemente geometrice;
- construcția de variante ocolitoare a orașelor mari sau a punctelor "negre" (periculoase) existente pe traseu;
- construirea de pasaje denivelate dacă traficul impune acest lucru;
- consolidarea și repararea podurilor;
- amenajarea intersecțiilor de nivel, a locurilor de staționare și altor lucrări anexe drumului (semnalizare rutieră, estetică rutieră);
- la nevoie: consolidarea terasamentelor, protejarea taluzurilor, lucrări de apărare etc.;
- protejarea mediului înconjurător.

Analizând la nivel tehnic și economic general reabilitarea drumurilor, se impune, după părerea mea soluționarea următoarelor două clase de probleme:

- optimizarea (sau raționalizarea față de un ansamblu de criterii de prioritate) timpului și spațiului economic, formulându-se răspunsurile la întrebările: "când se execută?"; "unde se execută?" și "pentru ce durată de exploatare se execută?" reabilitarea;

- soluționarea tehnică a răspunsurilor formulate prin găsirea metodelor optime de proiectare, studii și previziune a consumului duratei de exploatare prescrisă și respectiv, stabilirea tehnologiilor și procedurilor de realizare efectivă a lucrărilor de ranforsare, în contextul general al relației cost - beneficiu optim.

Dacă prima problemă fundamentală este legată direct de potențialul economiei naționale, de modul cum este abordată problema economică a transporturilor și a drumurilor de către factorii de decizie, cea de a doua problemă,

a soluționării tehnice, jalonează în mod evident capacitatea de gândire tehnică a corpului de ingineri aferent sectorului de drumuri.

Pentru a conferi un conținut obiectiv și totodată abordabil, prin mijloacele existente de abordare (de analiză și decizie) a noțiunii de "reabilitare a drumurilor" este necesară elucidarea concretă a următoarelor aspecte considerate principale:

- formularea precisă a cerințelor transporturilor rutiere față de rețeaua de drumuri publice, având în vedere ansamblul de criterii prioritare și accesibile din punct de vedere economico - social;

- definirea calităților funcționale principale ale drumurilor, prin care se realizează satisfacerea cerințelor formulate anterior;

- cunoașterea evoluției în timp, sub exploatare în condiții de mediu și trafic date, a caracteristicilor tehnice a drumurilor și ale factorilor de influență asupra evoluției acestora.

Pentru studiul necesității și utilității acceptării principiului de reabilitare este importantă acceptarea la nivel general a problemei degradării evolutive a drumurilor pe parcursul duratei de exploatare proiectată.

Unitatea de măsură a duratei de exploatare este un timp specific determinat de caracterul și volumul solicitărilor evolutive și poate fi exprimat ori în "timp asociat cu mărimea solicitărilor", ori în "volumul solicitărilor".

În general, sub o formă specifică, funcție de ipotezele de trafic aceste unități de măsură se concretizează în număr de ani cu un trafic rutier dat, sau în volum de trafic rutier (fizic sau echivalent).

Evaluarea calităților funcționale ale unei rețele de drumuri cât și descrierea fenomenului evoluției caracteristicilor tehnice relevante ale drumurilor nu pot fi apreciate în mod efectiv decât printr-o descriere statistică adecvată.

Valoarea unui indicator de calitate sau a unei caracteristici tehnice se modifică în timp, în sensul înrăutățirii acestora, ajungând la valori limită sau critice, care de fapt semnalizează o situație de atenționare și respectiv de inacceptare a condițiilor de exploatare a drumurilor.

În aceste condiții este nevoie să se intervină pentru salvarea drumului, primul instinct fiind de acțiune, prin ranforsarea sistemului rutier, acțiune care poate avea și caracter preventiv.

Intervenția corectă, în asemenea situații, este însă de reabilitare a drumului. Acest lucru presupune pe lângă ranforsarea propriu - zisă și lucrările conexe enumerate la definirea conceptului de reabilitare. Această intervenție se face în condițiile de alocare a resurselor necesare (în special cele financiare), urmărind o strategie de reabilitare a sectorului rutier.

În prezent reabilitarea drumurilor a devenit o problemă națională foarte importantă, ținând cont de creșterea continuă și rapidă a sarcinii pe osie la autovehiculele pentru transport mărfuri.

Având în vedere limitarea volumului de resurse materiale, energetice și financiare alocate acestei activități, cred că principiul de reabilitare a drumurilor

necesită o aplicare diferențiată care trebuie să țină seama de următoarele considerente:

- formularea unor strategii de raționalizare maximă a planurilor de valorificare a resurselor disponibile;
- raționalizarea priorităților de distribuire a resurselor disponibile în spațiul rețelei rutiere;
- mărirea duratei de exploatare a rețelei rutiere prin intensificarea lucrărilor de întreținere și reparații, inclusiv aplicarea unor lucrări de întreținere preventivă.

### **3. Funcțiile reabilitării în elaborarea sistemelor de gestiune optimizată a drumurilor**

Stadiul actual al evoluției condițiilor și posibilităților tehnice, econometrice și organizatorice, privind strategiile în domeniul rutier, înglobează în mod pregnant valorificarea cunoștințelor teoretice, generalizările din domeniul altor ramuri ale științei. Un rol deosebit de însemnat în evoluția principiilor și practicii în domeniu îl reprezintă aplicațiile teoriei sistemelor.

#### **3.1. Premisele abordării sistemelor în optimizarea strategiei rutiere**

Problematika reabilitării drumurilor, fiind supusă legilor evoluției firești proprii oricărui domeniu tehnico - economic, impune o dezvoltare continuă a principiilor specifice acestuia și a integrării ei pe plan conceptual și aplicativ în activitatea rutieră generală.

Literatura de specialitate privind teoria sistemelor și aplicațiile practice ale acestora în activitățile economice, precum și prezentarea experiențelor și recomandarea generalizărilor efective a rezultatelor obținute la scara economiei naționale, prezintă posibilități de abordare sistematică a conducerii tehnico-economică a activităților, inclusiv în sectorul drumurilor publice. [36; 76; 97; 100]

Premisele abordării sistemice a strategiei rutiere devin accesibile dacă sunt elucidate posibilitățile și utilitățile definirilor de sistem în acceptarea existenței obiective a caracterului ierarhic al sistemelor.

Studiile în cauză conduc la recunoașterea următoarelor niveluri de abordare sistematică în domeniul rutier, atât tehnic cât și economic:

- tratarea și aplicarea într-o strânsă corelare a cadrului normativ instrucțional tehnic acceptat în studii pentru proiectarea, execuția și controlul lucrărilor;

- modelarea sistemului în condițiile reprezentării tuturor relațiilor semnificative, ca niveluri superioare și al economiei naționale ca subsisteme al acestora;
- definirea și dezvoltarea continuă a sistemului complex a drumurilor, evidențiind legătura între elementele sistemului.

### 3.2. Evoluția sistemelor de gestionare a drumurilor

Elaborarea modelelor de gestionare a drumurilor, a cunoscut în cadrul majorității administrațiilor de drumuri publice o evoluție firească, dar specifică mediului dat, în dorința căutării metodelor de raționalizare judicioasă a strategiilor activităților rutiere.

Înainte de a sublinia caracteristicile principale ale sistemului de gestionare a drumurilor (S.G.D.) vom face referire la evoluția modelelor de sistem în sectorul rutier.

Gestionarea tehnico - economică a drumurilor a cunoscut primele studii și aplicații în cadrul unor administrații statale din S.U.A. . Se cunosc abordări la nivelul de sistem (fig.I.1), în care intensitățile economice au vizat scopurile interne ale administrațiilor rutiere. Căile de soluționare a problemei eficienței activităților rutiere a fost raționalizarea terotehnică, adică proiectarea complexă a lucrărilor (proiectarea concomitentă a construcției drumului și întreținerii lui).

Analizând sistemele elaborate în cadrul administrațiilor statale din S.U.A., reținem următoarele aspecte:

- se recunoaște importanța deosebită a elaborării modelelor particulare de previziune, acestea referindu-se la evoluția solicitărilor provenite din dezvoltarea traficului rutier. De asemenea previziunile sunt orientate asupra aspectelor pur tehnice privind cunoașterea elementelor definitorii ale comportării în exploatare a drumurilor în condițiile date. Se formulează primele principii și metodologii pentru efectuarea unor confruntări ale rezultatelor previziunilor de orice gen cu realitățile privind desfășurarea ulterioară a evenimentelor. Se are în vedere cercetarea continuă a modelelor matematice, necesare formulării unei metodologii viabile a sistemului gestionării dirijate a drumurilor;
- se asigură condițiile unei evoluții științifice, a concepțiilor elementare din domeniul ingineriei rutiere cum sunt: definirea nivelului de serviciu a drumului, evoluția caracteristicilor tehnice și funcționale ale drumurilor inclusiv a metodelor de investigații rutiere;
- se dezvoltă cunoștințele privind fenomenul de "oboseală" a structurilor rutiere privind "arborele de geneză" a apariției și dezvoltării defecțiunilor apărute la suprafața de rulare a drumurilor;
- se elaborează primele "modele" de "analiză - conducere" a gestionării drumurilor prin prelucrarea automată a datelor.

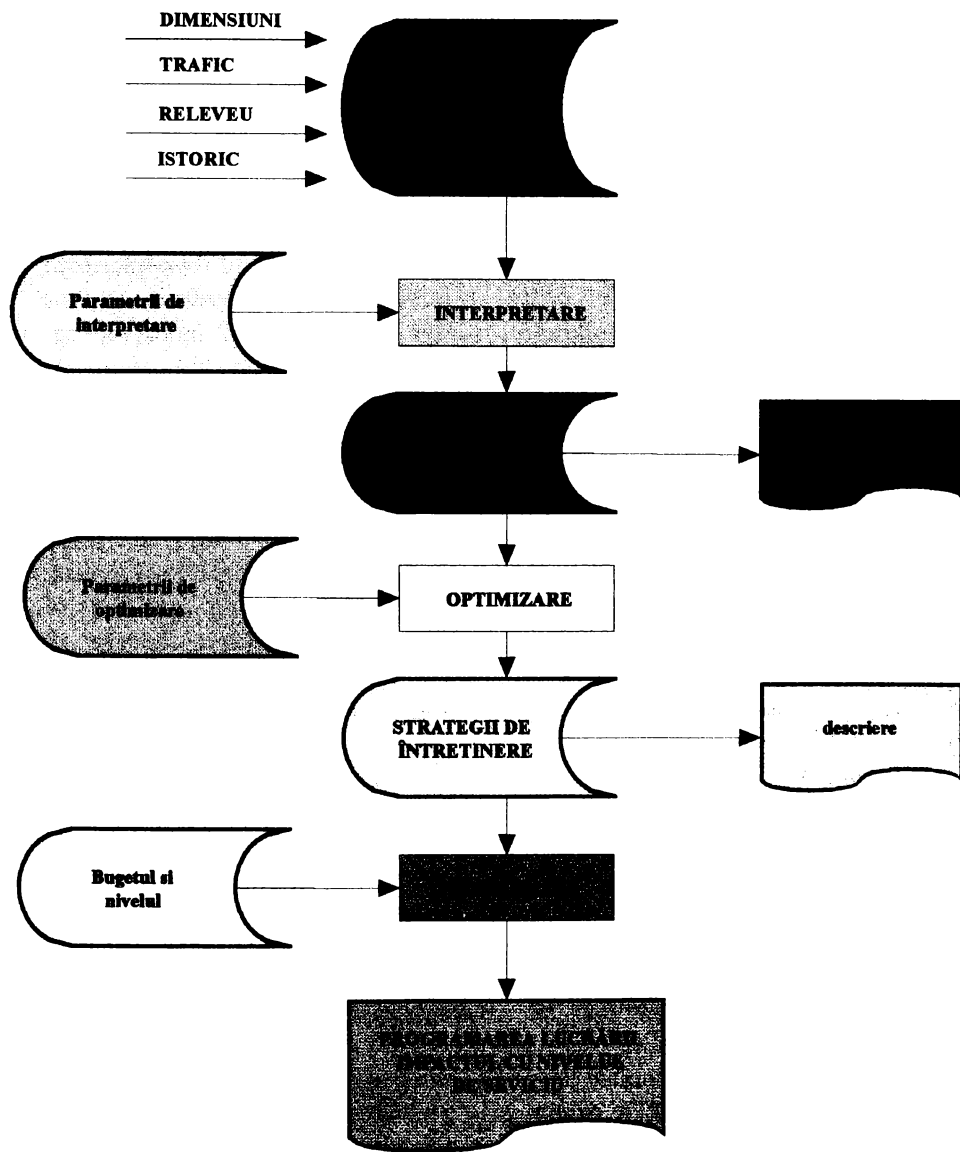


Fig. I.1. Sistemul Washington - SUA.

Stadiul evoluției actuale a S.G.D. în cadrul țărilor cu rețele rutiere dezvoltate, participante la OCDE se caracterizează prin:

- recunoașterea, la nivel tehnic, economic și social științific, a caracterului terotehnic efectiv util al gestionării drumurilor;
- recunoașterea utilității abordării multidirecționale, teoretice și empirice, a elaborării modelelor de S.G.D.;
- recunoașterea necesității asigurării condițiilor de integrare corelată, conexă și complexă a tuturor activităților de promovare a noului, atât la nivel de concepție cât și la nivel de tehnologie, organizare, conducere și control al activităților rutiere;
- recunoașterea utilității aplicării în practică în mod etapizat a rezultatelor studiilor și cercetărilor în domeniu;
- recunoașterea fundamentării tuturor noțiunilor proprii S.G.D., a utilității integrării tuturor ramurilor tehnico - științifice conexe, a dezvoltării automatizării mijloacelor de investigație și prelucrare a informațiilor.

Analizând activitățile din sectorul nostru rutier, sub aspectul genezei și evoluției conceptului de S.G.D., se constată că atât în cadrul instrucțional tehnic rutier, cât și în cazul unor studii publicate în literatura de specialitate, ideea în cauză a fost promovată efectiv începând cu anul 1975, în următoarea ordine cronologică:

- în 1975 intră în vigoare instrucțiunile - normativ pentru întreținerea și repararea drumurilor, a podurilor și a construcțiilor aferente lor, prin acest normativ stabilindu-se periodicitatea executării lucrărilor. Acest normativ este reanalizat și republicat în anul 1992, fiind corelat cu cadrul instituțional în vigoare la această dată;
- în 1976 s-a finalizat în cadrul D.R.D.P. Timișoara, primul model operațional de raționalizare - optimizare a strategiei rutiere, sub forma unui pachet de aplicații informatice;
- în anii 1984 - 1985 se realizează de către IPTANA București, un studiu cuprinzând întreaga rețea a drumurilor naționale din țară, privind analiza și propunerea unor variante de strategii rutiere, având ca mobil promovarea ideii de ranforsare a complexelor rutiere nerigide cu îmbrăcăminte de beton de ciment, pe considerente energetice, de fapt impuse de lipsa lianților hidrocarbonați;
- în anul 1984 se realizează în cadrul Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara (D.R.D.P. Timișoara) programele STRATEG și DEFECT, cu propuneri metodologice aplicative pentru raționalizarea strategiei rutiere cu înglobarea principiilor de alcătuire a unui sistem al indicatorilor de condiții;
- în anul 1986 apare instrucția privind evaluarea stării tehnice a drumurilor.

Intensificarea și dezvoltarea studiilor începute poate duce la găsirea celei mai bune soluții pentru elaborarea și aplicarea în practică a unui SGD specific condițiilor din România.

### 3.3. Elementele sistemului de gestionare optimizată a drumurilor

Studiul evoluției sistemelor de gestionare a drumurilor scoate în evidență importanța deosebită acordată problematicii reabilitării drumurilor și planificării calității fizico-mecanice și structural funcționale a acestor genuri de lucrări.

În acest context, strategia reabilitărilor impune un studiu aprofundat asupra elementelor caracteristice ale SGD, studiu ce permite formularea unor concluzii ce vor fi prezentate în continuare.

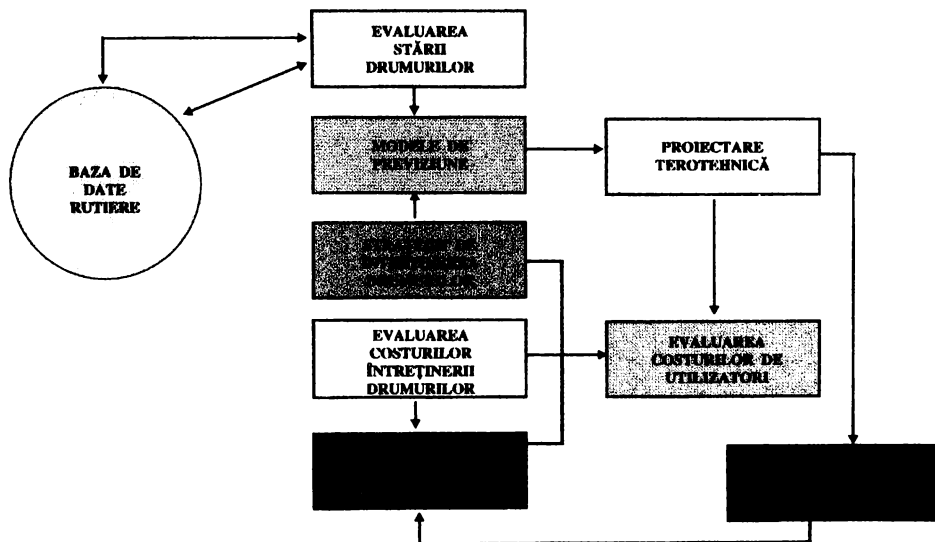


Fig. I.2. Componentele unui sistem de gestiune optimizată a drumurilor.

Analizând schema generală a unui SGD (figura I.2), se observă că sistemul este compus în principal din următoarele subsisteme:

- evaluarea stării drumurilor;
- modele asupra previziunii solicitărilor, mediului, cauză și efect;
- definirea strategiilor de întreținere a drumurilor, cu conexiuni spre modelele de previziune, la nivelul cerințelor impuse acestui subsistem;
- bază de date tehnice, alimentată de subsistemul de evaluare a stării drumurilor și în conexiune reciprocă cu subsistemele de previziune și de evaluare a costurilor de întreținere;
- evaluarea costurilor de întreținere a drumurilor, cu legături și spre subsistemul evaluării costurilor la utilizator;
- evaluarea costurilor la utilizator;

- proiectarea terotehnică a lucrărilor de reabilitare, cu conexiuni dinspre subsistemul modelelor de previziune și spre subsistemele de evaluare a costurilor la utilizator și de evaluare a impactului asupra mediului economic, social și ecologic;
- evaluarea impactului social, economic și ecologic;
- modelele de optimizare, cu conexiuni dinspre subsistemele de evaluare a tuturor costurilor și spre subsistemul strategiilor de întreținere.

Se remarcă în acest model de sistem, că ansamblul lucrărilor de întreținere cuprinde și ranforsarea complexelor rutiere.

Structura SGD prezentat, reprezintă o sinteză a modelelor elaborate în cadrul celor mai evoluate rețele de drumuri publice, studiile referindu-se la mai multe state din America, precum și RFG, Austria, Belgia, Canada, Franța, Japonia, Italia, Elveția, Anglia și Suedia.

### 3.4. Aspecte cibernetice

Analiza teoretică - sistematică generală și în mod deosebit analiza sistematică - economică în contextul specific al abordărilor în țara noastră la nivelul economiei naționale și cel al sectorului rutier, scot în evidență necesitatea tratării SGD privind asigurarea facilităților operaționale reale ale acestuia în contextul specialității sistemelor cibernetico - economice, respectiv al sistemelor cibernetice tehnico - economice.

Pentru abordarea eficientă din punct de vedere cibernetic a conducerii activităților din sectorul rutier, se propune un sistem sub forma schematică, prezentată în fig. I.3.

După părerea mea este importantă tratarea coerentă cu maximă atenție a tuturor activităților de evaluare, cercetare, proiectare, execuție, instrucționalizare și raționalizare a activităților, calitatea acestora fiind reprezentată de evoluția calitativă a rețelei de drumuri publice.

În detaliu, la nivelul abordărilor de imediată necesitate, principiile sistemului cibernetic tehnico - econometric rutier, își poate găsi o primă etapă de soluționare în cadrul dezvoltării subsistemului informatic specific tehnico - ingineresc și econometric rutier, reprezentat în fig. I.4.

Modulii acestui subsistem impun o soluționare urgentă, studiile efectuate până în prezent, fiind orientate în sensul de a oferi contribuții originale și rezultate valorificabile.

Abordarea sistematică - cibernetică în cazul SGD în țara noastră furnizează următoarele premise și facilități:

- sistemul cibernetic la nivelul economiei naționale și al principalelor ramuri și sectoare de activitate este modelat;



- se depun eforturi în vederea modelării cibernetice a conducerii economice eficiente a ramurii transporturilor;

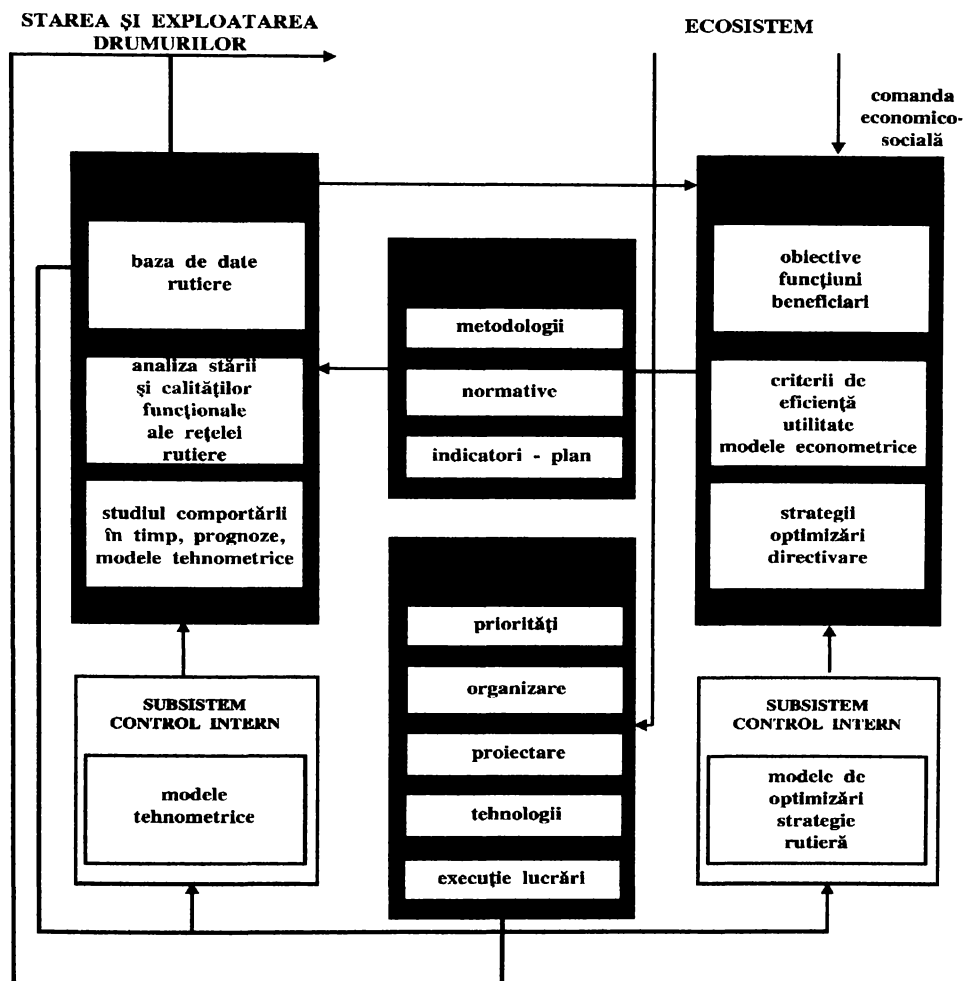
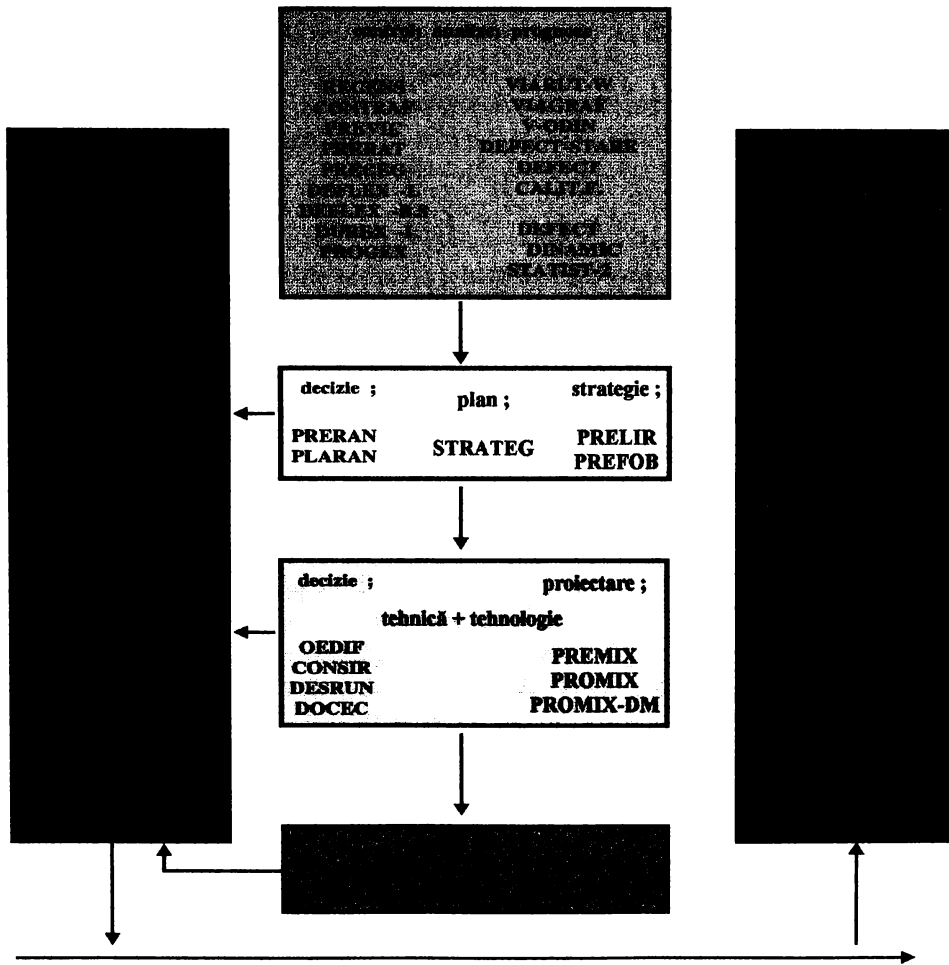


Fig. I.3. Sistemul cibernetic complex al conducerii al conducerii activităților în sectorul drumurilor publice.

- progresul în domeniul evoluării importanței transporturilor în general și al transporturilor rutiere în special, nu poate face abstracție de necesitatea conexiunii la modelarea sistematică a întregii activități economice;
- încadrarea SGD în sistemul informatic general al transporturilor permite și asigură conexiuni vitale cu alte subsisteme și sisteme cibernetico - informaționale ale transporturilor și economiei naționale;
- operaționalizarea - exploatarea SGD poate fi realizată într-un mod accesibil și eficient prin exploatarea curentă a unui sistem informatic judicios structurat;



**STAREA ȘI EXPLOATAREA DRUMURILOR**

*Fig. 1.4. Subsistem informatic tehnico-ingenieresc rutier - model cibernetic rutier secvențial SSITIR-T86.*

În consecință, instrucționalizarea activităților tehnice rutiere și a evaluării indicatorilor de eficacitate se realizează prin obligativitatea exploatării unui sistem informatic unitar realizat în acest scop.

## **4. Funcțiile tehnice și economico sociale ale reabilitării drumurilor**

În concepția doctorandului, executarea lucrărilor de reabilitare, impusă prin strategia rutieră aplicată, presupune realizarea unui ansamblu de obiective concrete.

Aceste obiective impun analiza funcțiilor tehnice, tehnologice și organizatorice precum și funcțiile economico-sociale ale planificării, proiectării și execuției lucrărilor de reabilitare.

### **4.1. Funcțiile tehnice, tehnologice și organizatorice ale reabilitării drumurilor**

Reabilitarea drumurilor presupune execuția unei game largi de lucrări care vizează mărirea capacității portante a drumului precum și îmbunătățirea condițiilor de mediu și circulație.

În acest sens, funcțiile tehnice, tehnologice și organizatorice ale reabilitării drumurilor, am propus să fie grupate în următoarele clase de acțiuni, ce trebuie să se realizeze la un nivel superior atât în proiectare cât și în execuție:

- mărirea duratei de exploatare a drumului prin sporirea capacității portante a structurilor rutiere. Funcție de metoda de dimensionare aleasă și de modulul de deformare necesar a fi realizat, se alege soluția tehnică pentru ranforsarea structurilor rutiere;
- mărirea duratei de exploatare a podurilor prin aducerea la clasa tehnică corespunzătoare traficului luat în calcul precum și repararea și consolidarea lor;
- îmbunătățirea condițiilor de trafic prin mărirea capacității de circulație a drumului; în acest scop se pot executa:
  - corectarea locală a unor elemente geometrice ale drumului;
  - construcția de variante ocolitoare a orașelor mari sau/și a punctelor "negre" existente pe traseu;
  - benzi suplimentare pentru traficul lent;
  - lărgiri ale părții carosabile;
  - locuri de refugiu sau/și benzi de staționare;
  - amenajarea intersecțiilor;
  - construire de pasaje denivelate, dacă traficul feroviar impune acest lucru;
- îmbunătățirea siguranței circulației rutiere, prin asigurarea condițiilor de vizibilitate, a calității câmpului vizual în lungul traseelor. În acest scop se pot executa:

- lucrări pentru eliminarea punctelor periculoase rezultate din analiza statistică a evenimentelor de circulație;
- realizarea unei semnalizări funcționale;
- asigurarea unei rugozități corespunzătoare pe suprafața de rulare;
- măsuri suplimentare privind siguranța circulației (benzi de încadrare, parapete etc.);
- eliminarea cauzelor, altele decât cele provenite din solicitările datorate traficului, care au condus la accelerarea degradării evolutive a sistemului rutier (drenare ape, poluare chimică, prevenirea înzăpezirilor etc.);
- îmbunătățirea esteticii rutiere, prin încadrarea armonioasă a tuturor lucrărilor executate, în peisajul și caracteristicile estetice locale; executarea de lucrări care să ridice drumul din punct de vedere estetic (grupuri de plantații ornamentale, dotarea și amenajarea locurilor de parcare). Aceste lucrări trebuie executate în strânsă corelare cu protecția mediului înconjurător;
- executarea lucrărilor în totalitatea lor, cu fonduri financiare minime, rezultate dintr-o evaluare corectă a costurilor, fără a se diminua necesitățile drumului. În principiu aceste fonduri trebuie să fie îndreptate spre eliminarea cauzelor care conduc la deteriorarea drumului;
- determinarea impactului social al reabilitării, cerându-se ca prin studiile întocmite să se dea răspuns la:
  - costul social al reabilitării;
  - poluarea aerului;
  - influența asupra peisajului;
  - poluarea fonică.

După părerea mea, analiza impactului social trebuie să țină seama de opinia populației, procedându-se la concertarea studiilor de reabilitare prin organismele statale existente (Primării, Consilii Municipale, Consilii Județene).

#### **4.2. Funcțiile economico-sociale ale planificării, proiectării și execuției lucrărilor de reabilitare**

Analiza cerințelor economico-sociale generale impune realizării oricărei activități, precum și studiul evoluției concepțiilor tehnico-economice ale modelelor teoretice și aplicațiilor în continuă evoluție aferente abordării sistematice contemporane a conducerii activităților în sectorul drumurilor publice, scoate în evidență faptul că aspectele economico-sociale ale activităților rutiere, nu mai sunt aspecte tangențiale sau externe, ci fac parte integrantă din toate fazele de decizie tehnică și organizatorică, devenind funcții intrinseci ale tuturor etapelor de planificare, proiectare și execuție a lucrărilor rutiere.

Studiul și realizarea efectivă a lucrărilor față de aceste cerințe se împart în două niveluri distincte:

- formularea teoretică a cerințelor (obiectivelor) fundamentale și derivate, impuse activităților precum și metodologiilor de evaluare a rezultatelor prognozate sau înregistrate;

- stabilirea căilor directe de îmbunătățire a eficienței generale și interne ale activității desfășurate.

În urma cercetărilor efectuate am ajuns la concluzia că îmbunătățirea activității în domeniul reabilitării drumurilor, se poate face prin:

- valorificarea materialelor locale, inclusiv a celor reutilizabile din alte ramuri economice;

- dezvoltarea tehnologiilor, a mecanizării și automatizării execuției lucrărilor, în vederea valorificării superioare a materialelor mari consumatoare de energie;

- îmbunătățirea modului de organizare a execuției calitative a lucrărilor, prin specializarea personalului muncitor;

- furnizarea informațiilor de calitate privind rezultatele investigațiilor rutiere, în vederea fundamentării obiective a deciziilor.

Privind nivelul metodologiilor de determinare și urmărire a eficienței activităților rutiere, în baza studiilor efectuate - în corelație cu acțiunile de cercetare aplicativă întreprinse în cadrul D.R.D.P. Timișoara - am formulat unele propuneri considerate importante și de aplicabilitate în activitatea viitoare, astfel:

- **este necesară o redefinire și dezvoltare continuă a sistemului de indicatori de eficiență pe niveluri ierarhice de conducere și control, pentru activitățile din sistemul rutier;**

- se cunosc elaborări cu conținut și cu aplicabilitate la nivelul economiei generale, sau al investițiilor în general, dar adaptarea acestora la specificul sectorului rutier, nu satisface importanța eficienței acestui sector pentru economia națională;

- există preocupări din partea specialiștilor de drumuri în vederea remedierii acestei situații, precum și propuneri de abordare sistematică a indicatorilor specifici evaluării eficienței drumurilor și a activităților rutiere.

- în legătură cu ansamblul indicatorilor de eficiență, se relevă importanța celor privind calitățile generale ale drumurilor (implicit și ale efectelor activităților rutiere modificatoare de calitate), care prezintă interes pentru niveluri superioare de analiză, dar sunt utili și analizelor la diferite niveluri ierarhice ale administrației drumurilor publice, după cum urmează:

- a). *indicatorul asigurării cu drumuri de acces modernizate*, a populației și economiei teritoriale, la rețeaua de drumuri publice modernizate a țării (I.A.M.) definite prin relația:

$$IAM = \frac{\sum_{i=1}^I LD_i \times P_i}{\sum_{i=1}^I P_i} \quad [km] \quad (I.1)$$

în care:

- $i, i = 1 \dots I$  reprezintă elementele mulțimii localităților țării;
- L.D. - distanța localităților la rețeaua rutieră modernizată, km;
- P - populația localităților (număr locuitori);

b). *indicatorul general al confortului privind circulația rutieră (IGCC)*, relevant pentru estimări cu privire la înregistrarea perisajului mărfurilor, pentru consumul de timp aferent transportului, pentru gradul de expunere al mijloacelor de transport la uzura fizică prematură, definit prin relația:

$$IGCC = \frac{\sum_{j=1}^J IGCC_j \times LO_j \times MZA_j}{\sum_{j=1}^J LO_j \times MZA_j} \quad (I.2)$$

în care:

- I.G.C.C. este indicatorul global al calității pentru funcția de confort;
- L.O. - lungimea sectoarelor omogene (km)
- M.Z.A. - intensitatea traficului rutier.
- $j, j=1 \dots J$  - reprezintă elementele mulțimii sectoarelor de drum omogene d.p.d.v. al I.G.C.C., componente ale rețelei rutiere;

c). *indicatorul general al rezistenței energetice a rețelei rutiere (IRE)*, definit în principal în baza coeficienților de corecție a consumurilor energetice din partea traficului rutier, cunoscuți în practica calcului consumurilor normate la transporturi efective (indicați prin decizii ale Consiliilor Județene) dat cu relația:

$$IRE = \frac{\sum_{k=1}^K \times \sum_{l=1}^L CE_{k,l} \times MZA_{k,l} \times L_k}{\sum_{k=1}^K \times \sum_{l=1}^L MZA_{k,l} \times L_k} \quad (I.3)$$

în care:

- $k, k=1 \dots K$  sunt elementele mulțimii sectoarelor omogene după

- criteriul coeficienților de corecție a consumurilor energetice din partea traficului rutier;
- l, l=1...L - reprezintă elementele mulțimii claselor de tipuri de autovehicule caracterizate prin aceleași valori ale coeficienților de corecție;
- C.E. - valoarea coeficientului de corecție din evidențele Consiliilor Județene;
- M.Z.A. - intensitatea traficului rutier pe tronsoanele omogene după criteriul k (valori medii ponderate pe sectoare omogene k) și aferentă clasei l;
- L.O. - lungimea sectoarelor omogene de drum după criteriu k (km);

d). *indicatorul general al lungimii echivalente al rețelei de drumuri (ILE)*, evidențiază efectele reciproce atenuante ale cauzelor care prezintă influența defavorabilă asupra rețelei și este definit prin relația:

$$ILE = \sum_{\Delta=1}^S L_{\Delta} \times \left[ \prod_{r=1}^R C_{r,s} \right]^{a+b \times \left( \prod_{i=1}^R C_{i,s} \right)^c} \quad (\text{km}) \quad (\text{I.4})$$

în care:

- s, s=1...S sunt elementele mulțimii sectoarelor omogene după criteriul influențelor luate în considerație;
- r, r=1...R - reprezintă elementele mulțimii influențelor evidențiate în studiul programat;
- C - coeficientul sporului de lungime în funcție de elementele de influență;
- a, b, c - coeficienții numerici aferenți studiului de caz.

Forma relativ complexă a rețelei de definiție poate fi simplificată în interesul operativității calculului, respectiv în vederea determinării convenabile a coeficienților numerici specifici modelului simplificat adoptat.

e). *indicatorul general al vitezei efective de circulație (IVG)*, definit prin relația:

$$IVG = \frac{\sum_{v=1}^V \times \sum_{l=1}^L V_{l,v} \times MZA_{l,v} \times LO_v}{\sum_{v=1}^V \times \sum_{l=1}^L MZA_{l,v} \times LO_v} \quad (\text{km/h}) \quad (\text{I.5})$$

în care:

- v, v=1...V sunt elementele mulțimii sectoarelor omogene, după criteriul vitezelor de circulație efective;

V - viteza efectivă de circulație (km/h).

f). *indicatorul general al capacității de circulație (IKC)* virtuale a rețelei rutiere, definit prin relația:

$$IKC = \frac{\sum_{u=1}^U KC_u \times LO_u}{\sum_{u=1}^U LO_u} \quad (\text{veh/h}) \quad (I.6)$$

în care:

u, u=1...U sunt elementele mulțimii sectoarelor omogene după criteriul capacității de circulație (virtuale);

K.C. - capacitatea de circulația sectoarelor de drum (veh/h).

g). *indicatorul general al nivelului de serviciu IGNS* (efectiv) al circulației rutiere, definit prin relația:

$$IGNS = \frac{\sum_{w=1}^W NS_w \times LO_w}{\sum_{w=1}^W LO_w} [NS] \quad (I.7)$$

în care:

w, w=1...W sunt elementele mulțimii nivelurilor de serviciu ale drumurilor;

L.O. - lungimea sectoarelor omogene d.p.d.v. al NS (km).

**- analizele de eficiență a rețelei drumurilor publice și a activităților rutiere îndreptate spre modificarea calităților funcționale ale acesteia, trebuie să țină cont și de faptul că, domeniului analizat îi sunt specifice nu numai aspectele de eficiență directe, ci și cele indirecte, precum și eficiența înțeleasă din punctul de vedere al unor criterii și aspecte sociale.**

Din punct de vedere teoretic și metodologic, studiile actuale cunoscute din literatura de specialitate prezintă posibilități concrete de dezvoltare a conceptelor și algoritmilor.

Studiile întreprinse în acest cadru, acceptă pentru viitoarele dezvoltări, necesitatea evidențierii în analize a realității unei diferențieri conceptuale necesare, cu privire la definirea noțiunilor de eficiență, economicitate și eficacitate (notate cu simbolurile E, E<sub>c</sub> și E<sub>r</sub>). În acest fel relațiile de definire actuală pot avea forma:



$$E_c = C_p / C_e \quad [-] \quad (I.9)$$

$$E_f = F / S \quad [-] \quad (I.10)$$

în care:

- $E_c$  și  $E_f$  este mărimea economicității și a eficienței;
- $C_p$  - valoarea consumurilor planificate, strict necesare pentru atingerea scopului;
- $C_e$  - valoarea consumurilor efective;
- $F$  - valoarea rezultatului obținut;
- $S$  - valoare estimată a obiectivului vizat ( $C_p$ ,  $C_e$ ,  $F$  și  $S$  fiind exprimate în unități de măsură reprezentative).

Se observă că, în conceptul de eficiență abordat, ambele componente, economicitatea și eficacitatea - intervin cu ponderi egale și sunt direct proporționale cu eficiența:

$$E = E_c \times E_f \quad (I.11)$$

rezultând, pentru evaluare în procente, relația:

$$E = \frac{C_p \times F}{C_e \times S} \times 100 \quad [\%] \quad (I.12)$$

Plusul de informații câștigat în această reprezentare este evidențiat în primul rând prin:

- orientarea atenției analistului în mod deosebit asupra factorului  $C_p$  cu impunerea de restricții asupra evaluării acestei mărimi în condițiile necesităților stricte de resurse în planificarea activităților;
- atrage atenția asupra importanței formulării concrete și evaluării prin indicatori tehnici, economici, sociali și organizatorici, a obiectivelor vizate;
- impunerea îmbunătățirii conceptuale și metodologice a planificării și evaluării atributelor și unităților de măsură relevante ale tuturor elementelor de calcul al eficienței drumurilor.

Analizele experimentale realizate în cadrul unei rețele de drumuri naționale cuprinsă în studii demonstrează necesitatea definirii mai clare (tehnice) a obiectivelor majorității acțiunilor relativ complexe: existența unor limite sub care nu pot fi oportune reducerile de consumuri pentru resurse; importanța includerii în toate analizele, a efectelor indirecte corelate și conexe, privind toate scopurile care până în prezent s-au considerat a fi implicit atinse prin întreținerea și modernizarea drumurilor publice.

***S-a prezentat anterior faptul că, în conformitate cu definiția dată duratei de exploatare a drumurilor, timpul (sub diverse forme de interpretare fizică și***

*economico-socială) reprezintă elementul definitoriu al proceselor de desfășurare, de manifestare a eficienței și conducere a activităților în domeniul rutier.*

Un aspect specific al evidențierii timpului în analizele de eficiență, în special în cazul proiectării tehnice și economice a lucrărilor de reabilitare, îl constituie evidențierea factorului timp prin actualizarea cheltuielilor și efectelor financiar-economice.

### **Concluzii și propuneri**

Aspectele prezentate în acest capitol referitoare la definirea originală dată de doctorand conceptului de reabilitare, permit formularea unor concluzii și propuneri:

- în opinia autorului, conceptul de reabilitare a drumurilor presupune efectuarea unor lucrări complexe care vizează:

◆ mărirea capacității portante a structurilor rutiere și a podurilor existente pe drumul respectiv;

◆ lucrări necesare asigurării condițiilor pentru desfășurarea traficului rutier și de perspectivă prin executarea de benzi suplimentare pentru traficul greu; corectarea elementelor geometrice în profil longitudinal și transversal ale drumului; construcția de variante ocolitoare pentru municipii și orașele mari; eliminarea sectoarelor periculoase de pe traseu; amenajarea intersecțiilor la nivel, a locurilor de parcare și a altor locuri anexe (semnalizare rutieră și estetică rutieră); la nevoie: lucrări de stabilitate a drumului (consolidări de terasamente și versanți, protejarea taluzurilor, lucrări de apărare) și construirea de pasaje denivelate; evacuarea și scurgerea apelor de pe platforma drumului;

◆ lucrări de protecția mediului înconjurător;

- pentru a oferi un conținut obiectiv și totodată abordabil al noțiunii de reabilitare a drumurilor, este necesară după părerea doctorandului elucidarea concretă a următoarelor aspecte:

◆ formularea precisă a cerințelor transporturilor rutiere față de rețeaua de drumuri publice;

◆ definirea calităților funcționale principale ale drumurilor prin care se realizează satisfacerea cerințelor formulate anterior;

◆ cunoașterea evoluției în timp, sub exploatare în condiții de mediu și trafic date, a caracteristicilor tehnice ale drumului și ale factorilor de influență asupra evoluției acestora;

- având în vedere soluțiile tehnice pe care cercetarea științifică le oferă domeniului rutier, pentru rezolvarea problemelor curente, privind materialele rutiere, tehnologiile de execuție și întreținere, strategia reabilitării drumurilor impune un studiu aprofundat asupra componentelor tehnice și economice ale "sistemului de gestionare a drumurilor" (S.C.D.).

- prin componenta sa tehnică, sistemul de gestionare stabilește prioritățile de intervenție pentru parametrii principali opționali utilizând baza de date tehnice generale și specifice sectorului analizat.

Componenta economică cuprinde un program de evaluare financiară în costuri și beneficii pentru soluțiile tehnice rezultate din "componenta tehnică", oferind soluții alternative ce permit luarea deciziilor în funcție de strategia generală de administrare.

În prezent reabilitarea drumurilor a devenit o problemă națională foarte importantă în contextul unei creșteri explozive a sarcinii pe osie. Având în vedere limitarea volumului de resurse materiale, energetice și financiare alocate infrastructurii și în principal sectorului rutier, de către stat, reabilitarea drumurilor trebuie aplicată diferențiat, ținând seama de:

- ◆ formularea unor strategii de raționalizare maximă a planurilor de valorificare a resurselor disponibile;

- ◆ raționalizarea priorităților de distribuție a resurselor disponibile în sectorul rutier;

- ◆ mărirea duratei de exploatare a rețelei rutiere prin intensificarea lucrărilor de întreținere preventivă.

Având în vedere cele prezentate în cadrul capitolului introductiv, rezultă oportună continuarea cercetărilor orientate asupra definirii și realizării eficiente a funcțiilor tehnico-economice ale drumurilor și reabilitării acestora, relevându-se ca prioritate, următoarele domenii:

- ◆ studiul stării tehnice și al calităților funcționale ale drumurilor, adoptând principii și metode evoluat de cercetare;

- ◆ evaluarea rezultatelor obținute în modernizarea - ranforsarea drumurilor din subrețeaua rutieră cuprinsă în analiză;

- ◆ analiza factorilor de influență asupra calității lucrărilor de ranforsare a drumurilor;

- ◆ formularea unor propuneri de îmbunătățire a activităților de investigare, proiectare, planificare și execuție a lucrărilor.

Metodologia este susținută - parțial și prin bibliografia de specialitate din țara noastră, aplicată în sectorul rutier în mod experimental și acceptată în studii IPTANA București - promovată și în analizele de eficiență a lucrărilor rutiere la nivelul Fondului Monetar Internațional.

## **CAP. II. STUDIUL CARACTERISTICILOR PRINCIPALE DN6 ORȘOVA-TIMIȘOARA**

### **1. Prezentarea drumului național 6 km 358+000...552+600**

Drumul național nr. 6 București - Alexandria - Craiova - Drobeta Turnu Severin - Orșova - Caransebeș - Lugoj - Timișoara - Cenad - Frontiera cu Ungaria, în lungime totală de 720 km, este una dintre cele mai importante artere de circulație ale țării, până la Timișoara făcând parte din drumul european E70 pe lungimea de 329 km (43 % din lungimea DN6).

Drumul este de asemenea și cea mai scurtă legătură între sudul și estul Europei, prin Grecia, Turcia, Bulgaria, Ungaria și România, având deci un pronunțat caracter internațional, pe lângă faptul că preia traficul intern pentru agricultură industrie, comerț și turism.

Între km 358+000...634+465 Frontiera cu Ungaria, pe o lungime de 272,465 km, drumul este administrat de Direcția Regională Drumuri și Poduri Timișoara, ceea ce reprezintă 40 % din lungimea DN6 și 14,5% din rețeaua de drumuri din administrarea regionale.

Sectorul analizat de doctorand în lucrare, este situat între limita cu județul Mehedinți (km 358+000) și municipiul Timișoara (km 552+600).

Traseul străbate județul Mehedinți între km 358+000 și 370+000, județul Caraș Severin între km 370+000 și 477+400 și județul Timiș între km 477+400 și 552+600 și este situat în sudul țării.

Drumul urmărește în general malul stâng al Dunării, pe sectorul km 358+00...367+350 și este situat într-o zonă de munte, zonă în care se desfășoară și sectorul km 367+350...406+000. În desfășurarea sa pe acest sector, drumul se dezvoltă într-un relief cu pantă transversală mare, adeseori abruptă (30...70°), brăzdat de numeroase văi adânci cu caracter torențial, la mică distanță una de alta.

Din punct de vedere geologic - geotehnic, versanții sînt alcătuiți în general din formațiuni cristaline și formațiuni sedimentare de vîrstă mezozoică. Între aceste zone se intercalează porțiuni formate din șisturi argilo - mămoase cu intercalații de gresii calcaroase cunoscute sub numele de straturi de Sinaia.

De la km 406+000 la 411+220 drumul se desfășoară în bazinul hidrografic al pârâului Cerna, apoi urcă la intrarea în localitatea Domașnea (km 411+220) o rampă cu declivitate > 4 %, atingând cota maximă de 540 m altitudine (Dealul Cirăgău), coborînd apoi, prin două serpentine în bazinul hidrografic al râului

Timiș (km 420+000). De aici traseul parcurge un peisaj de dealuri joase și este însoțit, în partea dreaptă, de albia Timișului. În zona km 428+150, drumul trece pe lângă Schitul de la Piatra Seacă (săpat în stâncă) și intră într-o zonă de chei pe care o părăsește la km 430+000, apoi străbate zone colinare cu lunci largi, drumul fiind construit aici în aliniamente lungi și curbe cu raze mari. Din municipiul Caransebeș până în capitala Banatului (municipiul Timișoara), drumul străbate o regiune de șes cu câmpii mănoase și se desfășoară mai departe pe malul drept al canalului Timiș - Bega.

Pe un traseu aproximativ paralel cu cel al drumului este situată și calea ferată București - Timișoara, iar în perspectivă se preconizează execuția autostrăzii "Europa Nord - Sud".

Din analiza făcută de doctorand asupra traseului drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 se pot desprinde câteva caracteristici mai importante, și anume:

- sectorul km 358+000...450+000 este situat într-o zonă de munte cu foarte multe curbe și declivități mai mari de 4 % (tabel II.1). Pe acest sector sînt un număr de 92 curbe (cca. 50 % din lungime), din care 30 curbe au raza  $\leq 100$  m și 9,7 km drum cu declivități  $\geq 4$  % (cca. 10 % din lungime);

*Tabelul II.1.*

**SITUAȚIA SECTOARELOR DE DRUM ÎN CURBĂ ȘI CU DECLIVITĂȚI  
DN6 ORȘOVA – TIMIȘOARA**

Nr. crt.	Sector DN6 km...km	Localități	Curbe			Declivități	
			buc.	km	%	km	%
1.	358...388	Orșova - Mehadia	30	14	47	0,890	4
2.	388...418	Mehadia - Teregova	30	16	53	6,30	6,1
3.	418...450	Teregova - Caransebeș	32	14	44	2,5	7,8
4.	450...494	Caransebeș - Lugoj	44	9	21	0,2	0,5
5.	500...522	Lugoj - Timișoara	52	12	23	0,3	0,6
<b>TOTAL DN6</b>			<b>188</b>	<b>65</b>	<b>29</b>	<b>10,19</b>	

NOTA: Traversare localități 70 km - 36 %:

- Traversare Mehadia decliv. 6...7 % și curbe R=40...100;
- Traversare Domașnea decliv. 5...6 % și curbe R=45...90;
- km 428+026...428+575 decliv. 5...5,4 %;
- km 435+200...435+500 decliv. 6,1 %;
- Traversare Caransebeș curbe R=12...25 m și intersecție neamenajată.

- sectorul km 450+000...552+600 este situat într-o zonă de câmpie și are o zonă verde între platforma drumului și linia caselor de 15...20 m. Drumul este construit aici în aliniamente lungi, având un număr de 96 curbe în lungime de 21 km (cca. 21% din lungime), curbele din municipiul Caransebeș având raza de 12...25 m;
- lungimea drumului în traversarea localităților este de 70 km, din care în Mehadia 3,6 km, Domașnea 2,0 km, Caransebeș 9,0 km.

## 2. Istoricul drumului național nr. 6 km 358+000...552+600

Actualul Drum Național 6 se desfășoară în general între km 370+000...457+000, peste traseul fostului drum roman ce lega Dierna (Orșova) de Tibiscum (Caransebeș), construit după anul 100 e.n. Prima atestare documentară despre existența lui apare pe "Tabula Peutingeriana" (251...271 e.n.), fiind unul din cele două mari drumuri ce străbăteau Banatul de azi, unindu-se la Tibiscum pentru a o lua apoi spre Sarmisegetuza.

Drumul roman Dierna-Tibiscum urmează culoarul tectonic Timiș. Traseul pînă la nord de Mehadia a fost impus de Valea Cernei și parțial de afluentul ei Bela Reca, în continuare, în Depresiunea Domașnea-Mehadia drumul se desfășoară prin mijlocul acesteia de-a lungul cursului inferior al pâraurilor Mehadia și Luncăvița, îndreptându-se spre Poarta Orientală și pătrunzând astfel în valea Timișului.

Pe acest traseu urmele drumului sînt atestate în zona Domașnea, unde se semnalează și vestigiile unor construcții romane la 2,6 km sud-vest de localitate, la confluența pârâului Domașnea cu Luncăvița și la Poarta Orientală. De asemenea sînt identificate capetele de drum Dierna și Tibiscum, distanța dintre ele fiind de 68 mile (100,6 km), cifră apropiată de cea actuală. [73]

La alegerea traseului s-a ținut seama de rațiuni de ordin militar, drumul fiind construit pe teren solid, asigurându-se o vizibilitate și securitate bună, traseul bazându-se în general pe aliniamente lungi (5...10 km), legate între ele prin unghiuri cu deschidere variabilă, evitându-se linia curbă. [73]

În profil transversal drumul roman avea o lățime de 4 m încadrată cu borduri și două "margini" de câte 1 m fiecare.

Sistemul rutier în grosime de 45...50 cm era alcătuit dintr-un strat de nisip mărunt, apoi un strat de pietriș peste care s-a așternut un strat de piatră spartă. Îmbrăcămintea propriu-zisă a fost alcătuită dintr-un strat de "dale fățuite" (pavele din piatră brută sau bolovani de râu). [73]

Lăsat în paragină după căderea Imperiului Roman de Apus (476 e.n.) este refăcut după anul 1552 în urma pătrunderii turcilor în Banat.

Drumul devine practicabil și motivat economic în a doua jumătate a secolului al XIX-lea când este în administrarea Imperiului Austro - Ungar.

Pe acest drum au fost transportate toate materialele folosite pentru construcția căii ferate Caransebeș - Orșova, pusă în funcțiune la 20 mai 1878. În această perioadă au fost construite clădirile destinate lucrărilor de întreținere, amplasate la distanța de cca. 8 km între ele, din care mare parte mai există și azi (cantoanele: Teregova, Armeniș, Slatina Timiș, Vălișoara, Balta Sărată și Caransebeș)

### **3. Evoluția lucrărilor realizate pe DN 6 km 358+000...552+600**

Odată cu apariția autovehiculelor, condițiile de exploatare a drumului au devenit necorespunzătoare, iar lucrările de întreținere au devenit costisitoare, reclamând un volum de manoperă și utilaj din ce în ce mai mare și folosirea unor utilaje performante.

#### **3.1. Modernizare drumului național nr. 6 km 358+000...552+600. Structuri rutiere**

La începutul secolului al XIX-lea, administrația austro-ungară dă o mare importanță drumurilor din această zonă și dispune modernizarea lor.

În acest sens se efectuează ridicări topografice pe întreaga zonă creându-se un fișier cu toate datele despre drum.

Se fac proiecte pentru execuția drumurilor care cuprind pe lângă lucrări la partea carosabilă (pietruiri, pavaje sau betoane de ciment) și lucrări pentru îmbunătățirea elementelor geometrice și delimitarea platformei drumului cu dispozitive de scurgerea apelor (șanțuri și rigole), în mare parte naturale.

Se realizează primele îmbrăcămînți din piatră spartă (macadamuri) pe un suport de nisip și balast, capabile să preia sarcinile din traficul existent la acea dată. De asemenea au fost executate un însemnat număr de lucrări de artă: ziduri de sprijin din piatră brută; podețe boltite din zidărie de piatră și cărămidă; podețe dalate din beton simplu precum și podurile metalice din Caransebeș (km 453+045); Lugoj (km 494+800) și Coștei (km 504+664).

Valoarea anuală a lucrărilor executate pentru întreținerea și modernizarea drumurilor se ridică la suma de aproximativ 7700 florini.

Între anii 1935...1936 se modernizează sectorul km 367+000...388+650, executându-se 0,8 km îmbrăcăminte din pavele abnorme și 14,1 km beton de ciment, lucrările fiind executate de firme suedeze.

În profil transversal (figura II.1) este asigurată partea carosabilă de 6 m lățime încadrată de șanțuri și rigole pavate și de pomi fructiferi (duzi, nuci, meri). În plan și în profil longitudinal s-au executat corecții locale, amenajându-se curbele pentru viteza de 30...60 km/h. S-au construit și primele "locuri pentru popas" (parcări), având ca îmbrăcăminte macadam, amplasate în locuri cu peisaje deosebite.

În anul 1949 începe modernizarea sectorului km 388+650...552+600, primul tronson pe care s-a realizat o îmbrăcăminte bituminoasă (macadam penetrat) fiind între Remetea Mare și Timișoara (km 534+000...552+600).

Din anul 1954 începe propriu-zis prima etapă de modernizare a întregului sector administrat de Direcția Regională Drumuri și Poduri Timișoara, prin executarea în regie și prin terți a unor îmbrăcămînți bituminoase ușoare: macadam penetrat (M.P. 7), mortar asfaltic cu subif (M.A.S) în diferite variante, pavaje din pavele abnorme sau beton de ciment (tabel II.2).

Tabelul II.2.

**ETAPA I-a DE MODERNIZARE A DN6**

Nr. crt.	Poz. km.	Lungimea executată - km -	Tipul de îmbrăcăminte	Perioada de execuție	Executant
0	1	2	3	4	5
1.	358+000 – 367+350	9,350	BA	sector construit în 1969	
2.	367+350 – 388+650	14,100	BC	1938...1939	Firme străine
3.	388+650 – 406+650	17,350	BC; pavaj	1962...1964	ICT Cr.
4.	406+000 – 415+115	9,115	BC; pavaj	1962...1964	ICT Cr. ICT Tș.
5.	415+115 – 457+000	41,885	IBU; pavaj	1962...1964	ICT Tș. Regie
6.	457+000 – 552+600	95,600	IBU; pavaj	1954...1959	Regie

Legenda: B.A. - beton asfaltic;  
 B.C. - beton de ciment  
 I.B.U. - îmbrăcămînți bituminoase ușoare;  
 I.C.T. - Întreprinderea de Construcții Transporturi.

S-a asigurat astfel o lățime a părții carosabile între 5...6 m, încadrată pe toată lungimea drumului de dispozitive de scurgere a apelor (vezi profil transversal - figura II.1).

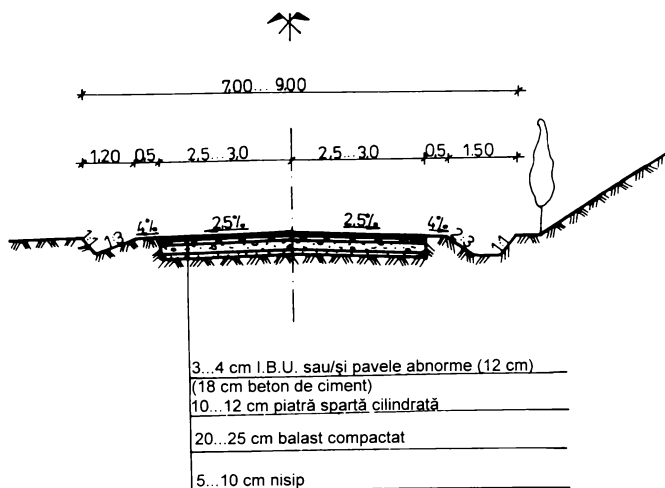


Fig. II.1. Profil transversal tip folosit la etapa I-a de modernizare. Scara 1:100.



Platforma drumului s-a asigurat în localități la 7...8 m, iar în afara localităților la 9 m lățime.

S-au construit 48 bucăți poduri din beton, metal sau zidărie, cu o lungime totală de 1396 m și cca. 280 buc. podețe din beton sau/și zidărie (din piatră sau cărămidă).

S-au amenajat 54 buc. curbe la viteze de proiectare de 40...50 km/h, în localități curbele fiind amenajate pentru viteze de 10...25 km/h.

Lucrările au fost terminate în anul 1959 pe sectorul Caransebeș - Timișoara și în anul 1964 pe sectorul limită de județ Caraș Severin - Caransebeș, ajungându-se la un ritm anual de execuție de 14,6 km.

Datorită creșterii vertiginose a traficului precum și a vitezei de circulație a apărut necesitatea ranforsării complexului rutier existent, precum și îmbunătățirea în continuare a elementelor geometrice ale drumului atât în plan, în profil longitudinal, cât și în profil transversal.

Astfel, s-a trecut la cea de a doua etapă a modernizării care a constat din executarea unor îmbrăcămînți bituminoase din beton asfaltic în două straturi, cu sau fără strat de bază din piatră spartă. Lucrările s-au executat în perioada anilor 1962...1986 în regie și prin terți (tabel II.3).

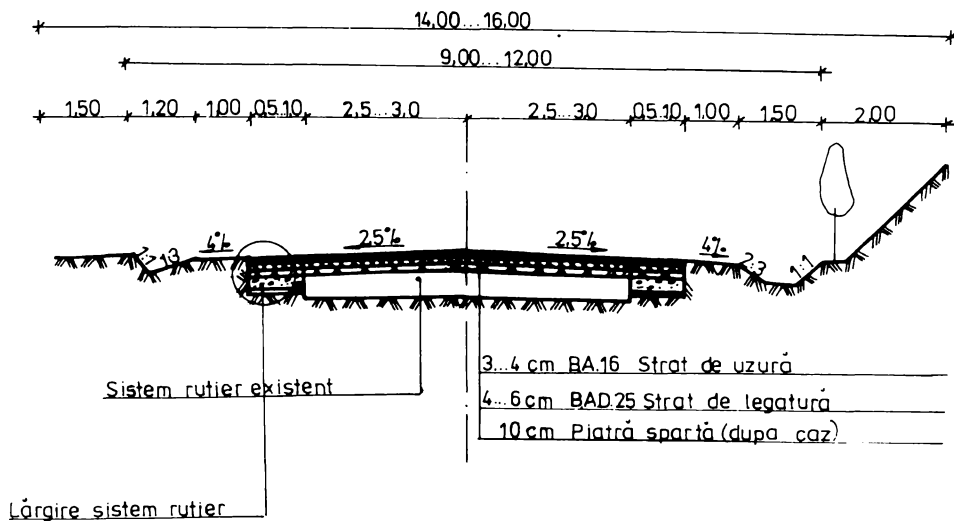
*Tabelul II.3.*

**EATAPA a II-a DE  
MODERNIZARE A DN6 km 382+000...552+600**

Nr. crt.	Sectorul modernizat	Lungime executată - km -	Anul execuției	Tipul îmbrăcămînței	Executant	Obs.
0	1	2	3	4	5	6
1.	358+000...367+350	9,350	1968...1969	BA; pavaj	ICT Craiova	
2.	367+350...415+115	18,350	1968...1970	BC; pavaj	Regie	s-au executat numai benzi de încadrare
3.	415+115...457+000	41,885	1968...1974	BC; BA	Regie	
4.	457+000...552+600	95,600	1968...1974	BA	Regie	

Legenda: B.A. - beton asfaltic;  
B.C. - beton de ciment;  
I.C.T. - Întreprinderea de Construcții în Transporturi.

Odată cu aceste lucrări s-au realizat și corecții locale ale elementelor geometrice ale drumului în plan și profil longitudinal, precum și lărgirea părții carosabile la lățimea de 7 m (vezi profil transversal tip - figura II.2), iar platforma drumului a fost corectată la 12...16 m lățime în afara localităților și la 8...10 m lățime în localități.



## DETALIU LĂRGIRE

Scara 1:10

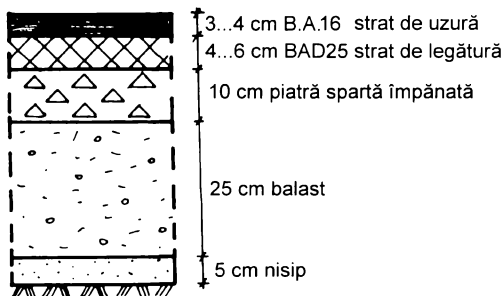


Fig. II.2. Profil transversal folosit la etapa a II-a de modernizare. Scara 1:100.

Pe tot traseul modernizat s-au asigurat benzi de încadrare de 0,5...0,75 m executate din pământ, material pietros sau beton asfaltic.

În această perioadă s-a executat un volum însemnat de lucrări de artă, ajungându-se în final la următoarele cifre inventariate de doctorand (inclusiv cele realizate în etapa I-a de modernizare):

- poduri și viaducte: - 71 buc. cu lungimea totală de 3196 m;
- podețe dalate și tubulare: - 354 buc., revenind 1,3 buc./km drum modernizat;

- ziduri de sprijin: - 10452 m;
- parapete pentru siguranța circulației: - 28000 m;
- intersecții amenajate: - 22 buc.;
- parcări amenajate: - 28 buc.;
- curbe amenajate: - 478 buc. în lungime totală de 65 km, reprezentând 35 % din lungimea drumului;
- benzi suplimentare pentru circulație lentă: - 1400 m;
- drum cu patru benzi la intrarea în municipii: - 9854 m.

O etapă importantă în derularea modernizării drumului național nr. 6 a constituit investiția pentru construcția sistemului hidroenergetic și de navigație de la Porțile de Fier.

Prin construcția barajului și crearea lacului de acumulare, drumul național DN 6 s-a inundat între localitățile Gura Văii și Comarnic. Datorită acestui fapt s-a construit pe malul stâng al Dunării, paralel cu linia de cale ferată, în perioada anilor 1968...1969, un tronson de drum nou între km 358+000...367+350 în lungime de 9,350 km.

Analizând aspectele geologice - geotehnice și de relief ale zonei în care se desfășoară noul traseu al drumului între Gura Văii și Comarnic, se desprind principalele condiții care au determinat în linii mari, caracterul soluțiilor constructive adoptate la conceperea și realizarea acestei lucrări:

- dezvoltarea traseului s-a făcut pe un teren dificil cu versanți abrupti, afectați de eroziuni adânci și constituiți din roci care, deși au un aspect stâncos prezintă sisteme de fisuri orientate de cele mai multe ori defavorabil față de axa drumului și care, pe sectoarele importante sînt intens alterate la suprafață și în adâncime;
- caracterul impus de coastă, al traseului, a condus la adoptarea unui profil transversal predominant mixt;
- forma văilor și înclinarea versanților a impus, în majoritatea cazurilor, traversarea acestora cu viaducte pentru a se evita încărcarea versanților cu rambleuri înalte a căror stabilitate nu poate fi asigurată în condițiile existente de relief și de natură a rocilor;
- o consecință a adoptării profilului mixt ca secțiune transversală curentă în asemenea relief și structură de teren, a constituit-o introducerea pe scară largă a zidurilor de sprijin de rambleu, precum și amenajarea unor taluzuri înalte de debleu (23...30 m), majoritatea susținute cu lucrări de consolidare și protecție;
- poziția drumului în raport cu cea a căii ferate a condus la stabilirea unor anumite distanțe în plan și la anumite diferențe de nivel optime, în funcție de panta transversală a versantului, astfel încât o parte din lucrările de susținere sau de consolidare necesare în aval de drumul național să coincidă cu o parte din

lucrările de consolidare necesare în amonte la calea ferată. Această corelație între poziția drumului național față de calea ferată, exprimată prin distanțe în plan între axele celor două căi și diferența de nivel între platformele lor, în funcție de panta transversală a versantului, se prezintă astfel (tabel II.4):

Tabel II.4.

**POZIȚIA DRUMULUI FAȚĂ DE CALEA FERATĂ**

Nr. crt.	Înclinarea versantului [%]	Distanța între axe [m]	Diferența de cotă între platforme [m]
0	1	2	3
1.	30	10,0	5,0
2.	45	11,0	9,0
3.	60	13,0	19,0
4.	75	14,5	27,0

În urma studiilor comparative pe diferite zone caracteristice de relief și natură a terenului, s-a optat pentru o apropiere maximă a celor două căi de comunicație (drum și cale ferată) atât în ceea ce privește distanța între axele traseelor în plan cât și diferența de nivel între cele două platforme.

**Profilul longitudinal**

Declivitățile longitudinale sub 1 % în regiunile de șes, asigură în general o viteză de proiectare de 80 km/h și ele reprezintă aproximativ 60% din lungimea traseului.

În regiunile de munte și deal declivitățile longitudinale pe sectoare scurte, se situează în jurul valorii de 4 %. Aceste sectoare în pantă, care totalizează 10,19 km (5,5% din lungimea sectorului) sînt racordate convex sau concav necorespunzător, impunând restricții de circulație.

Unele sectoare cu declivități mari au fost rezolvate prin construcția a 1395 m de benzi suplimentare pentru traficul lent (tabel II.5).

Tabelul II.5.

**SECTOARE CU 3 BENZI DE CIRCULAȚIE  
EXISTENTE PE DN6 km 358+000...552+600**

Nr. crt.	Poziția kilometrică	Lungimea benzii a III-a	Anul construcției
0	1	2	3
1.	519+800...520+732	925	1978
2.	532+503...532+973	470	1973
<b>TOTAL</b>		<b>1395</b>	

Pentru evitarea unor pasaje de cale ferată normală și a unor sectoare sinuoase din traversarea localităților, s-au executat în anii 1969 și 1970 variantele Zăgujeni și Găvojdia cu lungimea de 2,7 km și respectiv 3,4 km.

### Profilul transversal tip

Pentru sectorul km 358+000...456+000 profilul transversal cel mai corespunzător, care de altfel s-a și executat, este profilul mixt (figura II.3). S-a avut în vedere ca săpătura să fie preponderentă pentru a se plasa pe cât posibil platforma pe teren muntos (stâncos) și pentru a se reduce volumul zidurilor de rambleu. În situațiile unde versantul este abrupt, traseul drumului a fost stabilit la cote mai ridicate față de calea ferată.

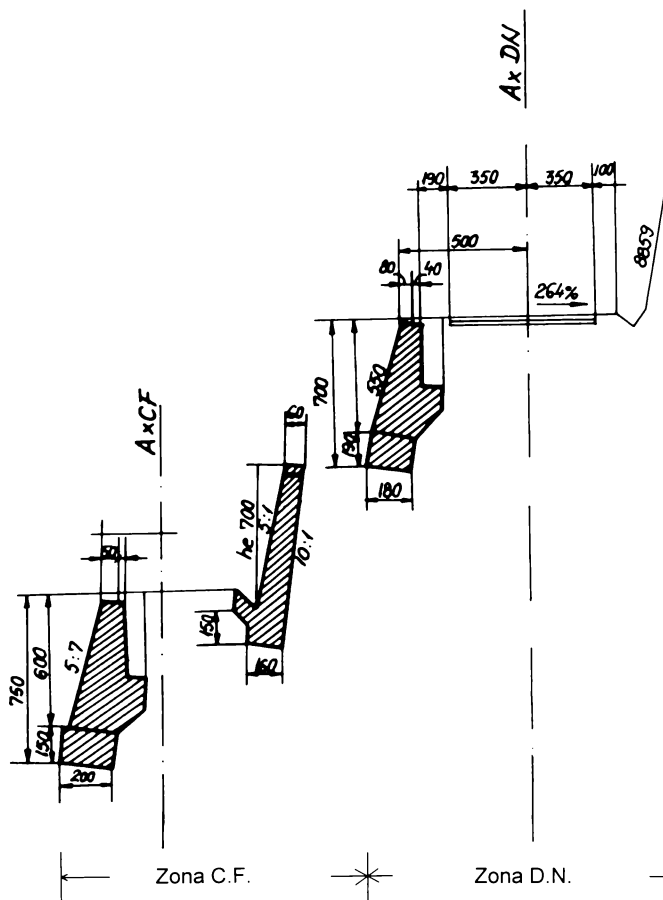


Fig. II.3. Profil transversal tip pe sectorul 358+000...367+350.

Restul sectorului (km 456+000...552+600), este situat în profil de rambleu pe 87 % din lungimea drumului.

Elementele geometrice și caracteristicile tehnice ale drumului modernizat s-au stabilit pentru o viteză maximă de proiectare de 60...80 km/h și s-au realizat astfel:

- lățimea părții carosabile în cale curentă de 7,00 m, iar a platformei drumului între parapeteți de 9,00 m, ajungând în zona de câmpie până la 12,00 m;
- lățimea părții carosabile pe poduri și viaducte de 7,80 m, având două trotuare de 1,00 m fiecare;
- ampriza drumului variază între 14...16 m, fiind mai redusă (până la 10,00 m) pe sectorul 358+000...367+350.

La proiectarea și execuția drumului s-a avut în vedere încadrarea lui în mediu, pentru a putea fi puse în valoare locurile de interes tehnic și turistic, prin prevederea unor spații de parcare special amenajate (tabel II.6).

### **Poduri și viaducte**

La execuția podurilor și viaductelor (tabel II.7), în număr de 71 bucăți, s-a ținut seama de condițiile locale existente și anume:

- relief accidentat cu numeroase văi adânci și înguste;
- nivelul ridicat al traseului de drum ajungând până la 55 m deasupra drumului existent (Slătinicul Mare);
- versanți cu înclinare mare, improprii pentru susținerea de ramblee înalte (km 358+000...367+350).

S-a analizat, de asemenea, comparativ eficiența economică a soluțiilor cu viaducte și poduri față de variantele cu ramblee înalte susținute de ziduri de sprijin sau cu trasee ocolitoare pe văi, varianta cu viaducte fiind net avantajoasă din toate punctele de vedere.

Lungimea totală a viaductelor și podurilor construite pe sectorul de drum este de 3.196 m și sînt corelate din punct de vedere arhitectonic cu viaductele de cale ferată.

Pentru fundații s-au adoptat două soluții care au ținut seama de condițiile de teren și anume:

- fundații cu săpături deschise în incintă, sprijinite, la adâncimi de fundare mai mici;
- fundații de chesoane deschise, de beton armat, la adâncimi de fundare mai mari (Bahna, Vodița, Valea lui Stan, Cerna).

Elevația infrastructurilor (pile) s-a construit de asemenea în două soluții:

- pile masive din beton simplu;
- pile suple, armate, cu secțiuni rotundă sau poligonală (viaductele și podurile de pe sectorul km 358+000...367+350).

Datorită înălțimilor relativ mari ale pilelor (12...55 m), pentru reducerea consumului de material lemnos, s-au folosit cofraje glisante și cofraje cățărătoare.

Suprastructura podurilor și viaductelor este construită în general din prefabricate, alcătuite din tronsoane asamblate și postcomprimate pe șantier, cu deschideri cuprinse între 18...20...30 m.

Sunt câteva soluții de suprastructură mai îndrăznețe, dintre care aș cita:

- viaductul Palanga (km 359+810), cu trei deschideri de câte 78 m, pentru care s-a adoptat o boltă flexibilă de 44 m lungime;
- viaductul Cerna (km 364+543), a cărei soluție de suprastructură este de suprastructură - cadru, cu deschiderea de 54 m, realizată din tronsoane prefabricate montate în consolă, cu înălțimi variabile, precomprimate cu cabluri din SSP  $\phi 5$  mm în fascicole de câte 54 sârme.

Pentru a permite rotirea cît și deplasările longitudinale din încovoiere, diferențe de temperatură și săgețile elevațiilor cu înălțime de până la 13,80 m, au fost prevăzuți penduli pe ciocuri scurte ale grinzilor cu armătură continuă care avea rolul de a prelua eforturile la întindere.

Soluția, pentru prima dată aplicată la noi în țară, s-a dovedit a fi aleasă greșit, datorită faptului că nu a putut prelua în întregime solicitările date de traficul greu, articulațiile începând să cedeze după numai 10 ani de exploatare.

Ruperea armăturilor din articulații a condus la o comportare nesatisfăcătoare a podului, cu săgeți și rotiri mari ale elevațiilor, acestea lucrînd independent ca niște stâlpi încastrați cu console libere de câte 27 m.

În urma cercetărilor făcute de doctorand împreună cu un colectiv din cadrul Institutului de Cercetări în Transporturi (INCERTRANS) și al Direcției Drumurilor (D.D.) București s-a constatat că săgețile la capetele consolelor, în dreptul dispozitivelor de compensare a căii, au ajuns până la +20 mm față de săgețile teoretice, reducând capacitatea de încărcare cu sarcină utilă a podului la jumătate.

S-a trecut astfel în anul 1979 la executarea lucrărilor de refacere a articulațiilor după o soluție elaborată de IPTANA București, care a prevăzut montarea unor articulații metalice în locul pendulilor, între ciocurile scurte, la mijlocul fiecărei grinzi. Lucrarea a fost executată de specialiști din cadrul DRDP Timișoara, coordonați de doctorand.

Această soluție a ameliorat, în oarecare măsură, capacitatea portantă a podului, dar soluția definitivă de consolidare a lui a fost elaborată în anul 1991 de către firma FREYSSINET din Franța., care este liderul mondial al consolidărilor sub circulație prin tensionări (precomprimări) exterioare.

Înainte de întocmirea proiectului de către EUROPE'S ETUDES GESTI (EEG) doctorandul împreună cu proiectantul lucrării a efectuat investigații privind calitatea betonului de infrastructură (14 carote pe înălțimea pilor și culeelor) și din suprastructură, precum și efectuarea relevului fisurilor și, încercări statice și dinamice.

Am constatat fisuri verticale pe toată grosimea la antretoaze, fisuri înclinate în carota - pereți laterali și fisuri paralele cu axa în carota - talpa inferioară. Încercările statice s-au efectuat cu convoaie de 16,35 în 4 etape, prin încărcări succesive a deschiderilor iar încercările dinamice s-au efectuat cu viteze de 10 și 30 km/h cu praguri artificiale, determinându-se săgețile maxime (30,5 cm),

săgeata reziduală (1,3 m), eforturile unitare și deformațiile specifice comparate cu cele calculate.

Consolidarea infrastructurii s-a făcut prin injectarea cu lapte de ciment a celor 14 perforații în pile și culei.

Consolidarea suprastructurii a dus la transformarea schemei statice din cadre multiple articulate în structură continuă.

Continuizarea suprastructurii a impus următoarele operații:

- montarea aparatelor de reazem tip Freyssinet în dreptul pilelor 1 și 5 și la culei;
- tăierea (secționarea) capetelor pilelor și consolidarea prin precomprimare pe două direcții;
- executarea rosturilor de dilatație la culei, adaptate noii scheme statice cu rosturi Freyssinet M 120.

Consolidarea tablierului a constat din precomprimarea longitudinală adițională cu cabluri exterioare în teci protejate în interiorul casetei.

În profil longitudinal, structura fiind simetrică, lucrările s-au derulat pe pilele  $P_1$  și  $P_5$ , respectiv  $P_2$  și  $P_4$  și  $P_3$ , astfel:

- pentru pilele  $P_1$  și  $P_5$  - precomprimarea verticală cu bare Macalloy, precomprimarea transversală, consolidarea pilelor în zona secționată, tăierea pilelor și introducerea aparatelor de reazem mobile tip Freyssinet;
- pentru pilele  $P_2$  și  $P_4$  - precomprimarea verticală cu bare Macalloy și precomprimarea transversală, iar pentru  $P_3$  - precomprimarea transversală.

Culeele au fost consolidate prin precomprimare transversală și verticală, montarea aparatelor de reazem și execuția rosturilor de dilatație.

Articulațiile au fost blocate și precomprimare vertical cu bare Macalloy.

Ultima fază a consolidării a fost precomprimarea longitudinală centrală.

Lucrările de consolidare s-au desfășurat pe parcursul anilor 1993 și 1994, cuprinzând inclusiv execuția hidroizolațiilor din folie de aluminiu bitumată și protejată cu beton de ciment armat cu plasă de sârmă, execuția îmbrăcămintei, trotuarelor, parapetilor, iluminatului electric, etc.

Materialele de bază și unele instalații specifice au fost aduse din Franța (toroane, ancoraje, bare, aparate de reazem, rosturi, prese).

Lucrările au fost executate de firma FREYSSINET Franța în colaborare cu CCCF - GSDP Timișoara, fiind prima activitate de acest gen a firmei franceze în România. Costurile lucrărilor au fost de cca. 2 miliarde lei și 7 milioane franci francezi (FRF). Lucrările au fost urmărite de doctorand împreună cu un colectiv de specialiști din cadrul DRDP Timișoara, contribuind direct la execuția lucrărilor conexe sistemului de consolidare (lucrări la cale, siguranța circulației, iluminat).

După consolidare s-au efectuat din nou încercările statice și dinamice, concluzionându-se că s-a îmbunătățit substanțial comportarea structurii; s-au redus săgețile și s-a restabilit capacitatea portantă corespunzătoare clasei de încărcare E.

#### **Lucrări de consolidare a terasamentelor**

La această categorie de lucrări (tabelul II.8) sînt de menționat în primul rînd volumele mari de ziduri de sprijin de rambleu, necesare pentru susținerea



platformei, care este situată în general în profil mixt, precum și zidurile de sprijin și de căptușire pentru susținerea taluzelor înalte de debleu executate pe sectorul km 358+000...367+350.

La proiectarea și execuția zidurilor de sprijin s-au avut în vedere următoarele aspecte:

- starea eterogenă din punct de vedere al caracteristicilor fizico - mecanice ale rocilor, care a impus efectuarea unor studii de prospecțiune geotehnice (sondaje deschise și foraje) de mare amploare. Au fost executate săpături pentru fundare cuprinse între 1,5...4,0 m adâncime funcție de natura rocii de încastrare;

- s-au adoptat soluții constructive folosind betonul simplu, atât pentru faptul că rocile locale nu erau corespunzătoare pentru zidării, dar mai ales din punct de vedere economic (economie de oțel și lemn). Ținând seama de aceste considerente s-au construit ziduri continue cu fructu de 1:5 și 1:10 care se comportă în general bine pe întregul traseu.

Taluzurile de debleu care nu au necesitat sprijiniri cu ziduri de rezistență sau cu ziduri de căptușire, au fost stabilizate, folosindu-se următoarele tehnologii:

- îndulcirea taluzurilor prin evazare în trepte, începând de la bază spre treapta taluzului;
- consolidarea cu ancoraje și plasă de sârmă și torcretare;
- consolidarea prin torcretare, injectare sau plombare a taluzurilor fisurate și crăpate.

### **Scurgerea apelor**

Scurgerea apelor de pe versanți (tabelele II.9 și II.10), din numeroasele viroage și de pe platforma drumului, a fost rezolvată cu deosebită atenție, datorită faptului că în apropierea zonei drumului este situată platforma căii ferate electrificate și orice scurgere de apă în mod neorganizat dintre drum și calea ferată ar fi prejudiciat exploatarea acestuia.

Pentru aceasta s-a adoptat soluția ca apa să fie condusă direct și în mod dirijat până la rigolele sau podețele căii ferate, evitându-se pe cât posibil conducerea ei în lungul drumului, cea ce a necesitat un număr mare de podețe ovoidale și dalate (354 bucăți), prevăzute cu amenajări în amonte și aval (baraje de retenție, șanțuri deversoare în trepte, camere de cădere etc.).

Deschiderea podețelor este cuprinsă între 0,5...8,0 m și predomină podețele dalate (cca. 80 %) construite din beton armat, starea lor fiind în general bună. Elementele geometrice mai importante sînt redate în tabel II.9.

Evacuarea apelor de pe partea carosabilă și platformă se realizează prin dispozitive special amenajate (rigole și șanțuri betonate sau pavate) în lungul drumului și au fost executate odată cu lucrările de modernizare și ranforsare (tabel II.10).

O problemă deosebită din punct de vedere al scurgerii apelor o ridică sectorul km 510+070...511+600 (situat la intrarea în localitatea Belinț), unde apa stagnează în șanțuri și rigole datorită faptului că terenul înconjurător este la același

nivel cu zona drumului. Pentru soluționarea acestei probleme s-a construit, în anul 1976, un număr de 6 puțuri absorbante care în prezent nu funcționează, ele fiind colmatate.

### Structuri rutiere

Pentru menținerea și adaptarea rețelei la cerințele impuse de traficul rutier mereu în creștere, s-au ales la perioada respectivă soluțiile tehnice cele mai eficiente pentru structurile rutiere. S-a avut în vedere, de asemenea, că starea tehnică a rețelei rutiere, constituie o componentă importantă a sistemului de transport rutier, datorită implicațiilor ce le poate avea asupra costurilor de exploatare a parcului auto și nivelului de confort în general.

Analizând lucrările de modernizare executate în regie sau/și prin terți pe DN 6, se pot deosebi 3 momente, în funcție de tipul predominant adoptat pentru stratul de rulare după cum urmează:

- **etapa macadamurilor**, executate până în prima jumătate a secolului al XIX-lea (figura II.4). Pentru execuția acestei structuri rutiere s-au folosit materiale locale: balast nesortat în grosime de 20...40 cm și piatră spartă produsă manual în cariere, sortul 40...63 cm, în grosime 8...10 cm;

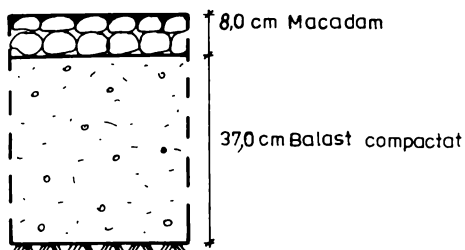


Fig. II.4. Structură rutieră cu macadam.

- **etapa îmbrăcămintilor din pavele și beton de ciment**, executate în a doua jumătate a secolului al XIX-lea (vezi cap. 2.2.1). Pentru această etapă s-au folosit pavaje din calupuri cioplite așezate pe un strat de 5 cm de nisip, peste îmbrăcămintea din macadam executată anterior (figura II.5).

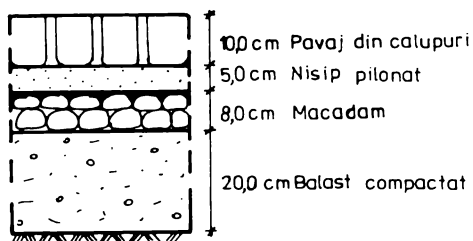


Fig. II.5. Structură rutieră cu piatră fasonată.

Aceste structuri rutiere au fost executate în zona pasajelor de nivel cu calea ferată și pe sectoarele cu declivități mari.

Structurile rutiere din beton de ciment au fost executate pe cca. 14,1 km de către firme suedeze. Peste macadamul existent s-a turnat un strat din beton de ciment în grosime de 18 cm (figura II.6) cu rosturi transversale din 5 în 5 m și cu rost longitudinal, colmatate ulterior cu hârtie gudronată.

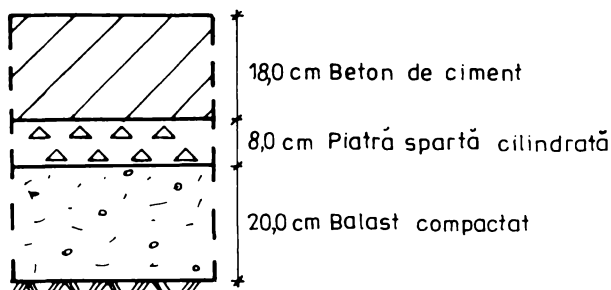


Fig. II.6. Structură rutieră cu beton de ciment.

Pentru lărgirea părții carosabile de la 4 m la 6 m s-a adoptat o structură rutieră executată din balast (22 cm) și beton de ciment (18 cm) executată în casetă, amplasată simetric pe ambele părți a drumului (figura II.7).

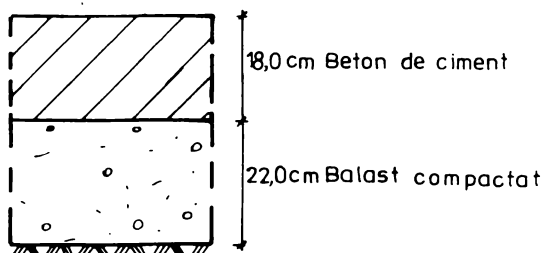


Fig. II.7. Structură rutieră cu beton de ciment folosită la lărgiri.

Ambele structuri rutiere au fost executate manual folosindu-se materiale locale. Lucrările au fost supervizate de specialiști străini.

- **etapa îmbrăcăminților bituminoase ușoare**, care a constituit de fapt prima etapă de modernizare a sectorului studiat (vezi cap. 2.2.1). Aceste structuri rutiere au fost studiate, proiectate și aplicate în totalitate de către specialiștii români și în mare parte de specialiști de la Direcția Regională Drumuri și Poduri Timișoara, efortul lor îndreptându-se pentru îmbunătățirea condițiilor de circulație pe drumurile pietruite. S-au studiat și s-au aplicat mai multe soluții de îmbrăcăminți bituminoase ușoare și anume:

- **macadam penetrat** (figura II.8) s-a executat în perioada 1949...1959 pe cca. 14 % din rețeaua de drumuri administrată de la Direcția Regională Drumuri și Poduri Timișoara.

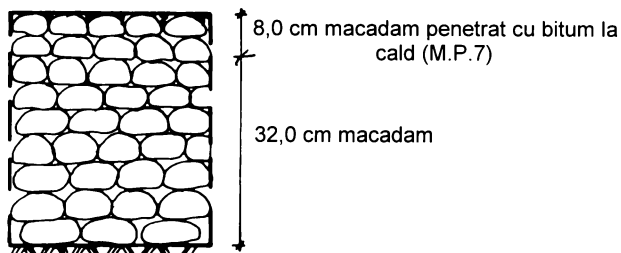


Fig. II.8. Structură rutieră cu macadam penetrat cu bitum cald (M.P.7).

Executarea acestor structuri rutiere a constat în executarea următoarelor operații principale:

- scarificarea și reprofilarea pietruirii existente cu adaus de material pietros în vederea realizării grosimii stratului suport proiectat, urmată de o compactare corespunzătoare;
- executarea macadamului simplu, penetrat sau semipenetrat în grosime de cca. 40 cm;
- executarea benzilor de încadrare, completarea acostamentelor și finisarea lucrărilor.

Execuția lucrărilor s-a făcut pe întreaga lățime a părții carosabile, macadamurile fiind date în circulație imediat după execuția lucrărilor.

- **mortar asfaltic cu subif (M.A.S.)**. Această structură rutieră a fost folosită în perioada 1950...1960 pe o lungime de cca. 98 km de drumuri naționale, printre care și DN 6, executându-se în mai multe variante:

- *macadam penetrat cu bitum la cald M.P.7 și covor asfaltic din M.A.S.* (figura II.9);

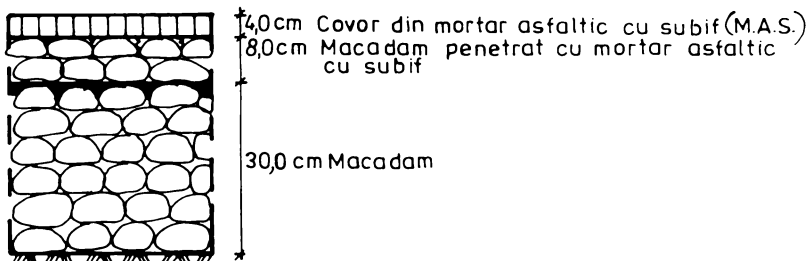


Fig. II.9. Structură rutieră cu M.P.7 și covor din M.A.S.

- macadam penetrat cu mortar cu subif etanșat, cu covor de grosime redusă cu mortar cu subif (figura II.10);

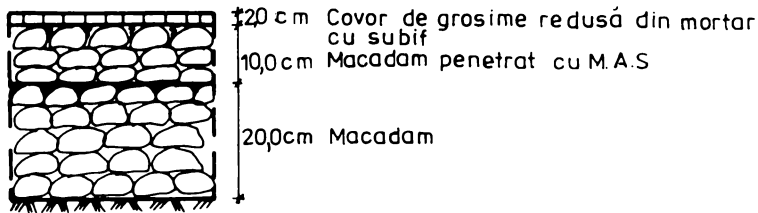


Fig. II.10. Structură rutieră cu M.P.7 acoperit cu M.A.S. de grosime redusă.

- macadam penetrat cu mortar cu subif și acoperit cu un covor din mortar cu subif, executat pe un strat de bază din pietruire stabilizată cu var și bitumină (figura II.11).

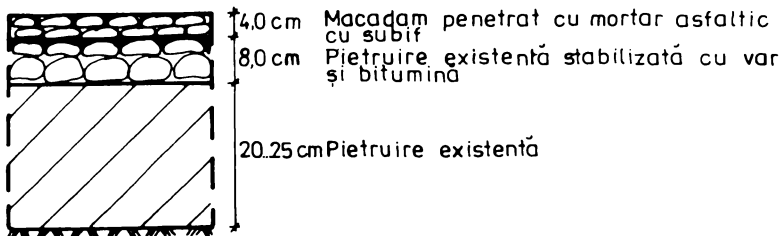


Fig. II.11. Structură rutieră cu mortar asphaltic cu subif (M.A.S.).

Lucrările au fost realizate de către șantierele D.R.D.P. Timișoara pe întreaga lățime a părții carosabile, executându-se în totalitate și celelalte lucrări conexe (benzi de încadrare, acostamente, șanțuri și rigole).

### 3.2. Ranforsarea drumului național nr.6 km 358+000...552+600

Modernizarea integrală a drumului național nr. 6 a atras spectaculos traficul, preponderent fiind traficul greu de tranzit, care se desfășoară pe relația Occident - Orient. Dezvoltarea traficului a condus inevitabil la o întreținere tehnică superioară a traseului, impunându-se sporirea capacității portante a structurilor rutiere existente prin ranforsarea acestora cu îmbrăcăminți din beton asphaltic sau/și beton de ciment.

Pentru acest lucru s-au întocmit documentațiile tehnice necesare, dimensionarea structurilor făcându-se după "Instrucțiunile tehnice departamentale

pentru dimensionarea sistemelor rutiere rapide și nerigide” (indicativ PD - 177-76), care ține seama de următorii factori:

- greutatea: 130000 N;
- sarcina pe osie: 91000 N;
- traficul de perspectivă, stabilit pentru o perioadă de perspectivă egală cu durata medie de serviciu a diferitelor tipuri de îmbrăcămînți;
- traficul de calcul, exprimat în vehicule etalon A13 în 24 de ore, caracteristicile vehiculului etalon A13 fiind următoarele:
  - presiunea specifică (p) transmisă de roată îmbrăcămînței rutiere: 5daN/cm<sup>2</sup>;
  - diametrul suprafeței de contact (D) dintre roată și îmbrăcămînțe: 34 cm ;
  - produsul p·D: 170 ;

Echivalarea traficului de perspectivă în trafic de calcul pentru dimensionarea structurilor rutiere s-a făcut cu ajutorul formulelor:

$$\log N_i = 0,77 \cdot (\eta - 1) + \eta \cdot \log N_{ii}, \quad (II.1)$$

în care:

$N_i$  este intensitatea circulației în vehicule de calcul A13;

$N_{ii}$  - intensitatea circulației în vehicule fizice de tipul sau din categoria celor care se estimează că vor circula pe drumul respectiv;

$\eta = (p_i \cdot D_i) / 170$  - coeficient de echivalare între vehicule fizice ( $p_i \cdot D_i$ ) și vehiculul de calcul cu caracteristicile ( $p \cdot D = 170$ );

Pentru echivalarea intensității traficului exprimată în vehicule etalon A13 s-a folosit “Graficul de echivalare”, iar intensitatea traficului de calcul (N) s-a determinat prin însumarea intensității de circulație exprimate în vehicule etalon A13 corespunzător fiecărui tip de vehicule ce circulă pe drum.

Modulii de deformație necesari (tabel II.11.), rezultați din calculele de dimensionare au fost:

*Tabelul II.11.*

**MODULI DE DEFORMAȚIE NECESARI PENTRU PERIOADA 1980...1990.**

Nr. crt.	Anul	$E_{den}$	A13
1	1980	654...714	2037...6491
2	1985	675...737	2765...8897
3	1990	613...756	3592...11668

Comparând capacitatea portantă a structurilor rutiere existente la data de 01.01.1980 cu modulii de deformație necesari la acea dată, a rezultat că, pe întregul traseu, capacitatea portantă este insuficientă.

Analizând durata normată de exploatare, au rezultat următoarele date (tabel II.12.):

Tabelul II.12.

**DURATA NORMALĂ DE EXPLOATARE**

Unitatea de măsură	Anul expirării duratei normale de exploatare						
	până în 1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Km	80.0	21.8	40.2	28.8	8,7	8,8	7,5
%	40.5	11.1	20.6	14,7	4,4	5,0	3,7

Din analiza comparativă a tuturor acestor factori au rezultat lucrările de ranforsare necesare pe perioada 1981...1986 și eșalonarea lor (tabel II.13).

Tabelul II.13.

**EȘALONAREA RANFORSĂRILOR**

Denumirea lucrării	U.M.	Anul						Total
		1981	1982	1983	1984	1985	1986	
Ranforsări cu îmbrăcămînți bituminoase în mai multe strat.	Km	42.2	10.5	26.5	12.0	7.6	7.2	106.0
	%	21.7	5.4	13.6	6.2	3.9	3.7	54.5
Ranforsări cu beton de ciment	Km	16.0	11	8.4	7.8	7.4	8.3	52.9
	%	8.2	5.6	4.3	4.0	3.8	1.2	26.1
Ranforsări cu îmbrăcămînți bituminoase într-un strat	Km	3.3	1.0	10.3	7.8	9.5	3.8	35.7
	%	1.8	0.4	5.3	4.1	4.9	2.9	19.4

Datorită fondurilor financiare insuficiente și crizei energetice în care s-a aflat economia românească în acea perioadă, s-au executat un număr redus de km de ranforsare (tabel II.14.):

Tabelul II.14.

**LUCRĂRI DE RANFORSĂRI EXECUTATE PE DN6 ÎN PERIOADA 1981...1986**

Nr. crt.	Denumirea lucrării	U.M.	Lucrări necesare	Lucrări executate	[%]
1.	Ranforsări cu îmbrăcămînți bituminoase în mai multe straturi	km	106.0	8.0	7.5
2.	Ranforsări cu îmbrăcămînți din beton ciment	km	52.9	9.0	17.0
3.	Ranforsări cu îmbrăcămînți bituminoase într-un singur strat. din care:	km	35.7	30.0	84.0
	- cu nisip bituminos	km		13.0	

Din analiza efectuată rezultă că 14% din sectorul DN 6 administrat de DRDP Timișoara a fost ranforsat în perioada 1981...1986, restul sectorului fiind menținut în stare de viabilitate printr-un volum foarte mare dar insuficient de lucrări de întreținere curentă ( reparații, tratamente bituminoase, badijonări ).

Durata mare în exploatare (tabelul II.12.), precum și neexecutarea pe parcursul anilor a lucrărilor de ranforsare și întreținere necesare, a determinat, în timp, o degradare continuă atât a structurilor rutiere, cit și a suprafeței de rulare.

### 3.2.1. Folosirea nisipului bituminos la ranforsarea drumurilor

Nisipurile bituminoase din România prezintă o bogăție importantă pentru economia națională, care trebuie valorificată integral și cu eficiență economică maximă.

Rezervele mai importante de nisipuri bituminoase de la noi din țară sunt localizate în zonele Derna – Tătăruș – Budoii - Voivozi din județul Bihor și Matița - Păcurești din județul Prahova.

Cele din județul Bihor sunt cunoscute din timpuri străvechi:

- în anul 1547 italianul Giolamo Porro, vizitează Transilvania și scrie în volumele sale de geografie [65] despre existența unor zăcăminte de bitum în partea nord-estică a orașului Oradea;
- în anul 1822 geologul francez Beudant face referire în scrierile sale despre țiteiul de la Tătăruș;
- în anul 1843 cercetătorul K. Mendtvich prezintă prima analiză chimică a nisipului bituminos de la Tătăruș - Budoii;
- în anul 1884 geologul I. Matyasovsky publică un raport privitor la cercetările geologice din zona Borad - Derna;
- în anul 1897 inginerul T. Szontagh publică în “Revista siderurgiei și minelor” cele mai complete rapoarte în legătură cu zăcămintele de nisip bituminos de Derna - Budoii - Tătăruș;

Tot în acest an E. Kauffman publică o metodă de extracție a masei organice și o descriere a instalațiilor necesare pentru prelucrarea substanței obținute.

- între anii 1918...1940 oamenii de știință români: prof. Popescu-Voitești, Rotarides și M. Mateescu, cercetează și studiază zăcămintele bituminoase din județul Bihor. Fără îndoială aceste cercetări au condus la dezvoltarea industriei de exploatare și prelucrare a acestor zăcăminte încă de la începutul secolului al XIX-lea.

#### **Nisipul bituminos din zona Derna-Budoii-Tătăruș-Voivozi**

Pe plan mondial rezervele de țiteiuri grele și de nisipuri bituminoase sînt evaluate la peste 3000 miliarde barili masă organică, principalele depozite aflându-se în Canada, Venezuela, S.U.A., Albania, Trinidad și Rusia.

La prima “Conferință internațională asupra viitorului țiteiului greu și a nisipurilor bituminoase” desfășurată sub egida Institutului Națiunilor Unite pentru Pregătire și Cercetare (UNITAR) s-a arătat că volumul rezervelor de hidrocarburi din țiteiuri grele și din nisipul bituminos, este de cel puțin 10 ori mai mare decât al rezervelor de țiteiuri convenționale și că, pe viitor se contează pe descoperirea de cantități masive de astfel de rezerve, neluate până de curând în considerare, ajungând în anul 2000 la cel puțin 1/3 din producția mondială de țitei.



Singura țară care exploatează în prezent nisipul bituminos la scară industrială este Canada, care în provincia Alberta deține zăcăminte petroliere reprezentând circa 1/3 din totalitatea rezervelor Orientului Mijlociu.

În România zăcămintele de nisip bituminos din zona Derna-Tătăruș-Budoii-Voivozi, în județul Bihor, au o rezervă estimată la circa 81 milioane tone, reprezentând circa 11 milioane tone substanță organică, iar cele din zona Matița-Păcurești în județul Prahova au o rezervă estimată de circa 60 milioane tone, reprezentând circa 6,7 milioane tone substanță organică.

Din păcate, aceste rezerve sînt insuficient cunoscute și sînt caracterizate de condiții geologo-minere foarte grele. Aproximativ 97...98 % din rezerve sunt clasificate în categoria "în afară de bilanț", adică sînt rezerve cunoscute, dar nu pot fi exploatate cu tehnologiile existente la ora actuală, diferența de 3...2 % fiind rezerva "de bilanț" și sînt exploatate cu tehnologiile de care dispune în prezent țara noastră.

Valorificarea zăcămintelor de țițeiuri grele și nisipuri bituminoase este o activitate nouă dar dificilă. Datorită lipsei de mobilitate a masei organice aceste zăcăminte nu pot fi valorificate prin metodele convenționale cunoscute, masa organică trebuind separată și apoi extrasă din rocile colectoare. Odată extrasă, masa organică este foarte rentabilă, din ea rezultând următoarele componente (raportate la 1000 kg de masă organică) [în kg]:

- combustibili : 150...220;
- uleiuri : 150...320;
- bitumuri : 450...550.

Analiza geologică și hidrografică efectuată a pus în evidență existența a 5 complexe de nisipuri bituminoase de grosime variabilă, situate la adâncimi de 10m (complexul 5) și 200...220m (complexul 1).

### **Caracteristicile nisipului bituminos din județul Bihor**

Urmare cercetărilor pe care le-am întreprins în perioada 1980...1990 privind folosirea nisipului bituminos în tehnica rutieră, am constatat că:

- Zăcămintele de nisip bituminos din zona Derna-Tătăruș-Budoii-Voivozi sunt de tip structural liniștit, dar acumulările de substanță organică au o distribuție diferită, ea variind de la 6...22 % , substanțele anorganice (nisipul) regăsindu-se în proporție de 92,5...73 % iar restul de 1,5...5 % o reprezintă umiditatea naturală. Roca purtătoare de bitum o constituie nisipurile care au un caracter silicios. Cel mai important factor de care depinde conținutul de bitum, este cantitatea de particule fine în sediment, (argila). Cu cât aceasta este mai mică nisipurile au un conținut mai mare de bitum.

- Bitumul conținut în nisipurile bituminoase are următoarele caracteristici fizico-mecanice:

- punct de înmuiere I.B (°C) : 14...25;
- vâscozitate la 100°C (°E) : 8...13;
- penetrație la 25° (1/10 mm) : >280;

- punct de congelare (°C) : < -20;
- inflamabilitate (°C) : 150...190;
- conținut de sulf (%) : 0,2...0,4;
- conținut de parafină (%) : 0,1...0,6;
- greutate specifică 20°C (kg) : 0,970...0,995.

Compoziția de grupă a substanței organice, determinată cu metoda Lîshina este următoarea:

- uleiuri : 63,0...67,7 %;
- rășini : 28,5...17,3 %;
- asfaltene : 8,5...15,0 %.

Substanța anorganică, conținută în nisipul bituminos are caracteristici chimice și mineralogice diferite.

Compoziția chimică a substanței anorganice este redată în tabelul II.15.

*Tabelul II.15.*

#### ANALIZA CHIMICĂ A SUBSTANȚEI ANORGANICE

Nr. crt.	Compuși	U/M	Zăcământ		Amestec 1/1 Derna+Budoi
			Derna	Budoi	
1.	Pierderi prin calcinare	%	3,98	3,30	2,89
2.	Bioxid de siliciu	%	81,88	86,89	84,61
3.	Oxid de calciu	%	2,11	1,41	1,82
4.	Oxid de magneziu	%	0,50	0,150	0,50
5.	Trioxid de fier	%	5,97	4,38	5,18
6.	Trioxid de aluminiu	%	5,00	4,16	4,41
7.	Sulfat	%	-	-	-
8.	Oxizi alcalini	%	0,058	0,057	0,057

Analiza mineralogică este redată în tabelul II.16.

*Tabelul II.16.*

#### ANALIZA MINERALOGICĂ

Nr. crt.	Compuși	U/M	Zăcământ		Amestec 1/1 Derna+Budoi
			Derna	Budoi	
1.	Argilă	%	1,91	0,76	1,83
2.	Mică și accesorii	%	34,28	24,71	30,49
3.	Feldspat	%	6,95	5,77	4,89
4.	Cuarț	%	58,07	69,55	63,64

- Granulozitatea agregatului natural variază între următoarele limite (rezultate medii), în procente:

- trece prin sita 0,09 mm 20...35;
- rest pe sita 0,09 mm 45...60;
- trece pe sita 0,2 mm 65...80;
- rest pe sita 0,2 mm 10...20;

- trece pe sita 0,6 mm 85...90;
- rest pe sita 0,6 mm 2...6;
- trece pe sita 3 mm 90...95;
- rest pe sita 3 mm 1...3;
- trece pe sita 5 mm 95...100.

Grafic, granulozitatea este prezentată în fig. II.12.

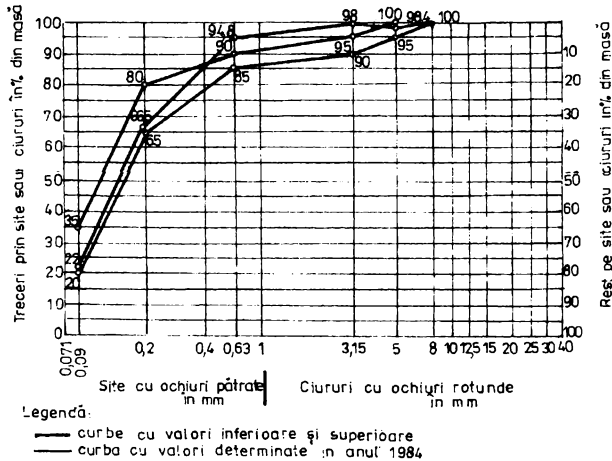


Fig. II.12.

- Fiindcă nisipul bituminos conține un bitum de consistență redusă, cu un punct de înmuiere foarte scăzut și un nisip fin, monogranular, acesta nu poate fi folosit ca atare la fabricarea mixturilor asfaltice, ci trebuie corectat prin următoarele operații:

- modificarea consistenței bitumului natural din nisipul bituminos se poate face prin prin:

- adaos de bitum de petrol, de regulă bitum industrial neparafinos cu penetrația 5/10 zecimi de mm rezultând un bitum cu penetrația 80/120 zecimi de mm și punct de înmuiere IB cuprins între 43...49 °C.

- oxidare înaintată prin ridicarea temperaturii amestecului în uscător la 180...190 °C sau prin oxidarea catalitică cu ajutorul unor catalizatori în proporție de 0,5...1% din masa mixturii. Se realizează un proces complex de oxidare-polimerizare, în care se evaporă o parte din uleiurile ușoare din bitumul natural și are loc o transformare parțială a uleiurilor ușoare în rășini și a acestora în asfaltene.

În perioada de reconsiderare a nisipurilor bituminoase (1982...1990) pentru modificarea consistenței bitumului natural am folosit o combinație a celor două procedee datorită faptului că acest lucru a permis ca modificările instalațiilor de fabricare a mixturilor asfaltice să se realizeze într-un timp relativ scurt, rezultând importante economii de timp și de fonduri financiare.

- corectarea granulozității agregatului mineral din nisipul bituminos prin aport de agregate naturale (nisip, cribluri, pietriș) în vederea obținerii granulozității corespunzătoare tipului de mixtură fabricat. Această corecție se face pe baza studiilor de laborator, unde se stabilesc cantitățile de aport.

- realizarea conținutului de bitum, corespunzător dozajului stabilit în prealabil pentru tipul de mixtură ce urmează a se fabrica, prin adaos de bitum dur în cantitatea stabilită prin încercările de laborator.

### **3.2.1.1. Îmbrăcămiți bituminoase executate din mixtură asfaltică fabricate cu nisip bituminos**

Primele îmbrăcămiți bituminoase executate cu mixtură fabricată cu nisip bituminos s-au realizat în anul 1958 în județul Bihor pe DN1 Cluj - Oradea, când șantierul de drumuri din Tileag a modernizat 2,7 km de drum folosind mortarul asfaltic cu nisip bituminos extras din bazinul Derna - Tătăruș. Mixtura a fost fabricată într-o instalație tip Reisser cu o productivitate de 6...8 t/h.

Dozajele și analizele au fost efectuate în laboratorul fostului Trust de Construcții drumuri și Poduri București, iar rezultatele obținute în laborator și apoi pe teren au fost mai mult decât optimiste, demonstrând practic că este posibilă fabricarea mixturilor asfaltice folosind nisipul bituminos în stare naturală.

Corectarea consistenței bitumului natural a constituit o problemă fundamentală pentru specialiștii care au studiat și elaborat de-a lungul anilor trei metode de corecție:

**- Adaos de bitum industrial neparafinos tip C, cu penetrație 5...20 1/10 mm și punct de înmuiere IB 82...92 °C.**

Pentru a obține un bitum final (după fluxare) cu o penetrație acceptabilă, apropiată de bitumul tip D, s-au folosit următoarele proporții:

- bitum din nisip bituminos de Derna-Tătăruș: 55...60 %
- bitum industrial: 45...50 %

Din analizele în laborator și examinarea ulterioară a carotelor prelevate din îmbrăcămintea executată, a rezultat un liant final în proporție de 10...11 % din greutatea mixturii (în cazul mortarului asfaltic) și de 7...9 % în cazul betonului asfaltic sărac în criblură.

Pentru corectarea granulozității agregatului mineral s-a utilizat nisipul de râu sau/și de concasaj și filerul de calcar extras de la Basarabi.

**- Metoda filerizării avansate cu filer de calcar sau filer de var stins.**

Prin acțiunea chimico-coloidală asupra lianților hidro-carbonați, filerul influențează proprietățile reologice ale bitumului, avînd drept rezultat scăderea penetrației, creșterea punctului de înmuiere, sensibilitate mai redusă față de variațiile de temperatură, umiditate etc.

Cercetările făcute s-au îndreptat în direcția stabilirii relației între finețea de măcinare a filerului și conținutul optim de liant. Pe baza încercărilor de laborator s-a stabilit ca raportul între bitum și filer să aibă valori cuprinse între 0,5...2,5 și anume:

- pentru filer de calcar valoarea raportului este de 0,5...1;
- pentru filer de var valoarea raportului este de 1...2,5.

Folosirea filerului de calcar sau var a permis reducerea considerabilă a procentului de bitum dur din mixtura asfaltică, procentul fiind cuprins între 0...5 % (vezi tabelul II.17).

*Tabelul II.17.*

Nr. crt.	Materiale folosite	Dozaje, %		
		1	2	3
1	Nisip bituminos cu 16 % bitum	38	60	69,3
2	Bitum dur, tip C, cu penetrația ... 1/10 mm	5	2	-
3	Nisip natural 0-7	46	25	16
4	Filer:			
	• calcar	11	-	-
	• var stins	-	13	14,7
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Caracteristicile fizico-mecanice determinate pe epruvetele încercate în laborator sunt redată în tabelul II.18.

*Tabelul II.18.*

Nr. crt.	Caracteristica determinantă	Dozajul		
		1	2	3
1	Conținutul de bitum (%)	11	11	11
2	Raportul bitum/filer	1:1	0,85:1	0,75:1
3	Densitatea aparentă (daN/cm <sup>3</sup> )	2,5	2,08	2,08
4	Absorbția de apă (%)	7,1	5,4	5,2
5	Umflarea (%)	1,3	0,30	0,29
6	Rezistența la compresiune (daN/cm <sup>2</sup> )	29,5	11,0	11,0
7	Scăderea rezistenței după absorbție	10,5	25,0	24,0

De remarcat că prin filerizarea mai înaintată - dozajul 3 - raportul bitum filer de 0,75:1 - s-au obținut rezultate similare cu cele de la dozajul 2 unde s-a adăugat 2 % bitum dur.

La dozajele 2 și 3 anrobarea agregatelor s-a obținut foarte greu, rămânând până la urmă granule de var neanrobat, datorită suprafeței specifice mare a varului stins.

Acest lucru explică rezistența la compresiune mică, deși filerizarea a crescut.

Se observă că în cazul folosirii filerului de calcar (dozaj 1), datorită conținutului mare de argilă din nisipul bituminos, absorbția și umflarea au valori ridicate, iar în cazul folosirii filerului de var (dozajele 2 și 3) acestea au valori mai scăzute. Acest lucru se explică prin faptul că varul stins are și o acțiune de stabilizare a argilei.

**- Adaos de filer și clorură ferică în proporție de 0,5...1 %.**

Este cunoscută acțiunea catalitică a clorurii ferice în procesul de transformare a bitumului natural într-un bitum normal pentru fabricarea mixturilor asfaltice încă din anul 1958 când dr. F. Gomel Mannheim a publicat pentru prima dată acest lucru în revista "Bitumen-Taare-Asphalt.Poch und verwandt Steffe".

Clorura ferică se introduce în malaxor în proporție de 0,5...1 % din cantitatea de filer, când temperatura agregatelor este mai mare de 150 °C, pentru a avea loc reacția catalitică de oxidare a bitumului.

Timpul de malaxare este de un minut.

Sub temperatura de 150 °C nu mai este posibilă această reacție și de aceea s-a experimentat folosirea catalizatorilor în următoarele variante:

- novolac în proporție de 1 %;
- sulfat feros (0,5 %) + novolac (1 %) + clorură ferică (0,5 %);
- clorură de var (10,5 %) + clorură ferică (0,5 %);
- sulfat feros (0,5 %) + clorură ferică (0,5 %).

Rezultatele fizico-mecanice obținute, folosind catalizatorii enumerați mai sus sunt redată în tabelul II.19.

*Tabelul II.19.*

Nr. crt.	Caracteristica determinantă	Catalizatori				
		Novolac 1%	Novolac 1% +SO <sub>4</sub> Fe 0,5 % +FeCl <sub>3</sub> 0,5 %	Clorură de var 0,5 % +FeCl <sub>3</sub> 0,5 %	SO <sub>4</sub> Fe 0,5 % +FeCl <sub>3</sub> 0,5 %	Fără catalizator
1	Densitatea aparentă (daN/cm <sup>2</sup> )	2,12	2,12	2,07	2,11	2,02
2	Absorbția de apă (% volum)	9,61	6,84	10,0	9,87	15,50
3	Umflarea după absorbție (%)	3,33	1,17	1,50	1,76	3,75
4	Rezistența la compresiune la 22 °C (daN/cm <sup>2</sup> )	13,00	23,50	7,50	27,50	9,00
5	Rezistența la compresiune la 22°C, după absorbție (daN/cm <sup>2</sup> )	11,00	23,50	6,00	21,00	4,50
6	Scăderea rezistenței după absorbție	15,30	-	20,00	17,00	50,00

Din analiza rezultatelor reiese influența absolut favorabilă a catalizatorilor, aceștia determinând creșterea densității aparente și a rezistenței la compresiune și scăderea absorbției de apă, a umflării după absorbție și a rezistenței după absorbție.

Fabricarea mixturii din nisip bituminos cu adaos de clorură ferică a fost abandonată, cu toate că rezultatele au fost încurajatoare, datorită faptului că nu se

putea aproviziona clorura ferică de către unitățile de drumuri și datorită faptului că acțiunea de corodare a clorurii ferice distrugea malaxorul instalațiilor.

În cadrul Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara (D.R.D.P. Timișoara) în perioada anilor 1983 ... 1991 s-au realizat 157 km. de îmbrăcămînți cu nisip bituminos (tabel II.20).

*Tabelul II.20.*

Nr. crt.	Anul de execuție	Anrobat bituminos - km. -	Beton asfaltic - km. -	Total - km. -
1	1983	-	6,50	<b>6,50</b>
2	1984	8,00	13,00	<b>21,00</b>
3	1985	14,00	9,00	<b>23,00</b>
4	1986	14,00	10,00	<b>24,00</b>
5	1987	16,00	10,00	<b>26,00</b>
6	1988	15,00	6,00	<b>24,00</b>
7	1989	10,00	7,00	<b>17,00</b>
8	1990	10,00	6,00	<b>16,00</b>
9	1991	2,50	-	<b>2,50</b>
<b>TOTAL</b>		<b>89,50</b>	<b>67,50</b>	<b>157,00</b>

În urma studiilor de laborator efectuate de doctorand împreună cu specialiștii din Laboratorul de drumuri al D.R.D.P. Timișoara, s-a ajuns la concluzia că cea mai eficientă metodă de corecție a conținutului de bitum din nisipul bituminos este cea folosind adaos de bitum industrial neparafinos (tip C), combinată cu oxidarea înaintată a bitumului natural din nisipul bituminos, prin ridicarea temperaturii în uscător la temperaturi de 180...190°C.

Dozajele medii folosite pentru fabricarea mixturii asfaltice cu nisip bituminos sunt redate în tabelul II.21 și ele au fost stabilite în laborator de către doctorand împreună cu colectivul laboratorului central din cadrul DRDP Timișoara.

În vederea elaborării dozajelor, am efectuat încercări de laborator asupra fiecărui material care intră în compoziția mixturii.

Problemele cele mai delicate care au apărut la elaborarea dozajelor pentru fabricarea mixturii cu nisip bituminos au fost:

- stabilirea exactă a conținutului de substanță organică (bitum) din nisipul bituminos. Acest lucru este necesar să se facă la fiecare lot de 100 t;
- corectarea consistenței bitumului natural din nisipul bituminos prin una din metodele prezentate anterior în așa fel încât caracteristicile bitumului final în mixtură să fie cât mai apropiate de cele ale bitumului "D" (în special punctul de înmuiere și penetrația):
- corectarea granulozității prin introducerea în scheletul mineral al mixturii asfaltice a cca. 20...30 % agregate concasate.

Tabelul II.21.

**DOZAJE MEDII FOLOSITE ÎN CADRUL DRDP TIMIȘOARA  
LA FABRICAREA MIXTURII ASFALTICE CU NISIP BITUMINOS (N.B.)**

Nr. crt.	Tipul îmbrăcămintei	Materiale	Conținutul în % raportat la	
			Masa agregatelor	Masa mixturii
1.	Anrobat bituminos	pietriș 7...31 mm filer nisip din N.B. bitum total	35...45 5 rest până la 100 -	5,5...6,5
2.	Mortar asfaltic	nisip natural 0...7 mm filer nisip din N.B. bitum total	20...50 8...18 rest până la 100 -	9...11
3.	Beton asfaltic cu agregat mărunț, sărac în criblură	Criblură 3-8 și 8-16 filer nisip din N.B. bitum total	20...35 6...12 rest până la 100 -	7,5...9,0
4.	Beton asfaltic deschis pentru stratul de legătură executat cu criblură	criblură 3...25 nisip din n.b. bitum total	65...75 rest până la 100 -	4,5...5,5
5.	Beton asfaltic deschis pentru stratul de legătură executat cu pietriș	pietriș 7...31 filer nisip din N.B. bitum total	70...82 2...3 rest până la 100 -	4,5...5,5

Granulozitatea agregatelor naturale am stabilit-o în laborator, căutând să obținem un amestec cât mai compact pentru a reduce consumul de bitum și filer, (granulozitatea pentru diferite tipuri de mixturi asfaltice este redată în fig. II.13....II.16.).

Tehnologia de fabricare a mixturii asfaltice cu nisip bituminos a evoluat în timp, de la instalațiile tip Reisser (dozarea și amestecul agregatelor manual) la instalațiile de tip ANG sau/și LPX cu amestec în betoniere și dozatoare volumetrice pentru agregate.

*Între anii 1983...1988 împreună cu un colectiv de specialiști din cadrul DRDP Timișoara am studiat și am pus la punct o instalație proprie de fabricare a mixturii asfaltice cu nisip bituminos, instalație ce a făcut obiectul "Brevetului de invenție nr. 47615 din 29.12.1988" sub titlul de "Instalație de preparat mixturi asfaltice".*

*Pentru a îmbunătăți calitatea mixturii asfaltice fabricată cu nisip bituminos, am conceput și executat un "zdrobitor de nisip bituminos" (foto 1) și un zdrobitor de bitum (foto 2), utilaje fabricate sub coordonarea doctorandului în cadrul Atelierului de zonă al Secției de Drumuri Naționale Arad.*



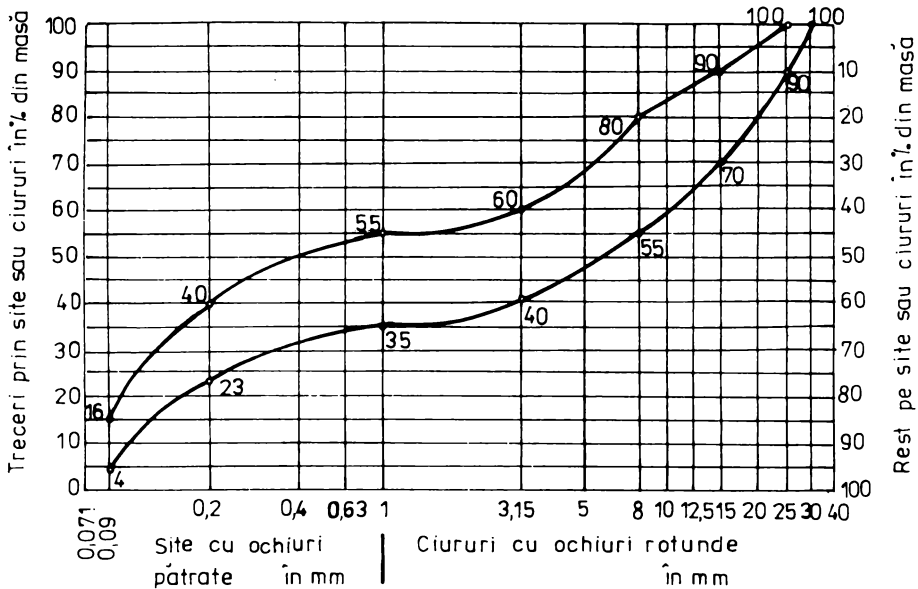


Fig. II.13. Zona de granulozitate pentru anrobat executate cu nisip bituminos (A.B.N.B.31)

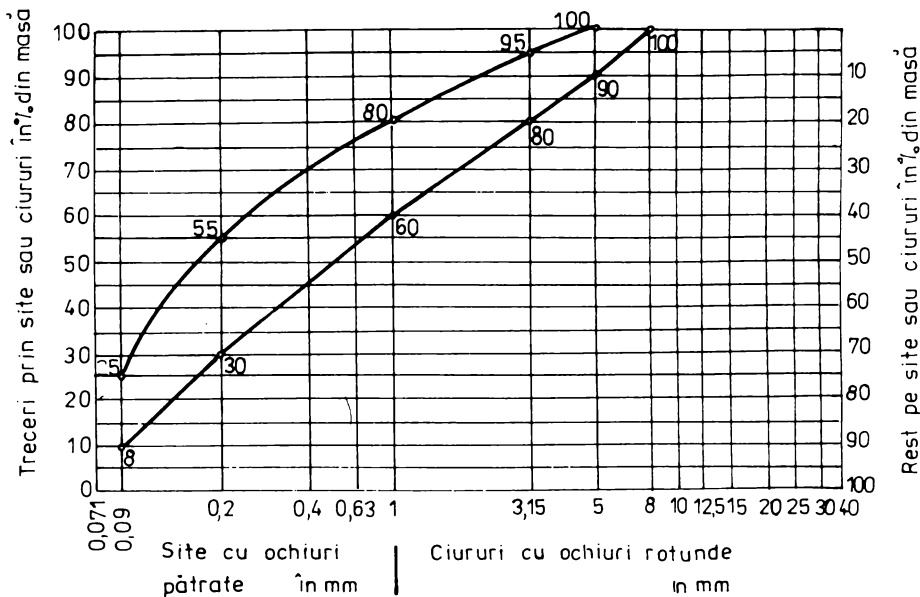


Fig. II.14. Zona de granulozitate pentru mortar asfaltic folosit la închiderea anrobatelor cu nisip bituminos

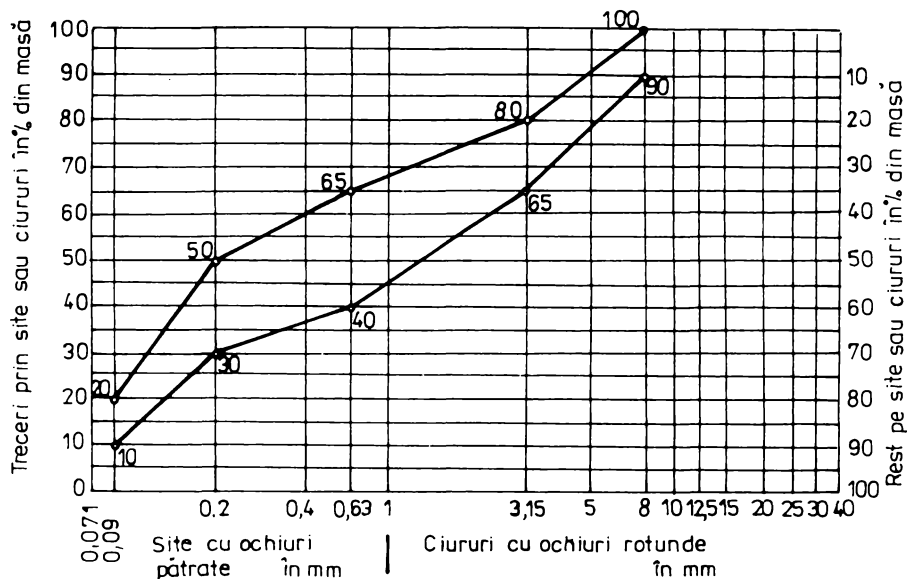


Fig. II.15. Zona de granulozitate pentru beton asfaltic mărunț, sărac în criblură executat cu nisip bituminos (B.A.N.B.16).

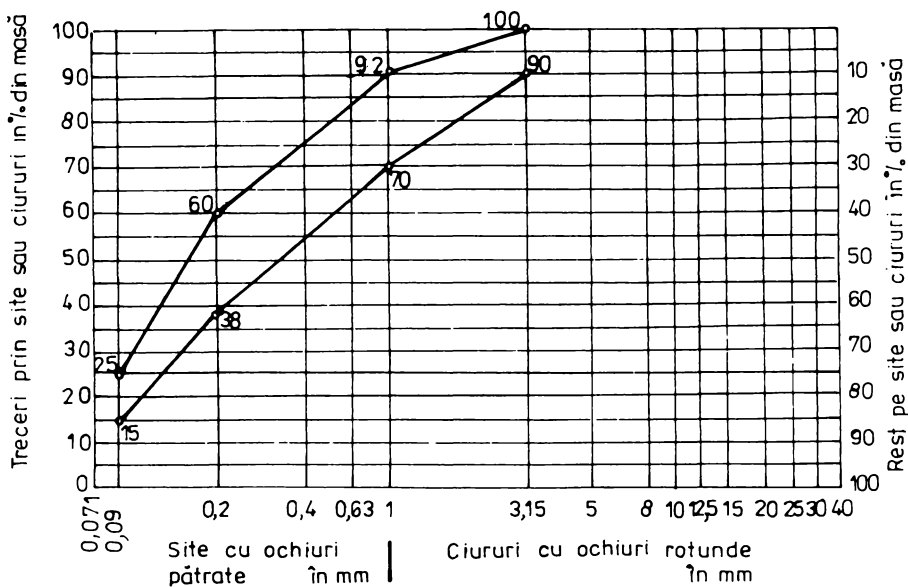


Fig. II.16. Zona de granulozitate pentru mortar asfaltic executat cu nisip bituminos (M.A.S.).

Procesul tehnologic de preparare a mixturii asfaltice folosind această instalație este următorul:

- nisipul bituminos s-a omogenizat și s-a zdrobit în particule  $\leq 60$  mm cu ajutorul zdrobitorului de nisip bituminos (foto 1);

- bitumul dur (tip C) s-a fărâmițat cu ajutorul zdrobitorului de bitum dur în particule de cca. 5 mm (foto 2);

- agregatele naturale, filerul, nisipul bituminos s-au introdus în bateria de dozatoare modificată și adaptată pentru a doza (volumetric) și nisipul bituminos și bitumul dur (foto 3);

- materialele componente dozate s-au introdus în betoniera cu amestec forțat pentru o primă omogenizare (foto 4) care durează cca. 1 min.

- după omogenizare materialele sunt preluate de cupele reci și sunt introduse în uscătorul instalației modificat unde sunt încălzite în echicurent (foto5).

Agregatele, filerul, nisipul bituminos și nisipul dur fiind introduse în uscător prin aceeași parte cu flacăra injectorului, încălzirea lor se face în mod direct în contact cu gazele fierbinți, înlăturându-se pericolul de autoaprindere (foto 6).

Am constatat că la temperatura de cca. 400...500 °C în uscător au loc două fenomene chimice:

- un fenomen principal, predominant, reprezentat prin fluxarea dintre cei doi lianți, bitumul dur și bitumul natural din nisipul bituminos;

- un fenomen secundar, rezultat din transformările complexe fizico-chimice pe care le suferă liantul cu vâscozitate redusă, sub efectul căldurii, într-un mediu de aer, vapori de apă și gaze de ardere. Din bitumul natural, peliculizat pe suprafața agregatului natural se evaporă uleiurile ușoare; celelalte uleiuri se transformă în rășini, iar acestea la rândul lor se transformă în asfaltene.

Acest proces (în uscător) durează cca. 1...1,5 min., iar mixtura fabricată la o temperatură de cca. 140...150 °C, este preluată de cupele calde și introdusă în buncărul de stocare (foto 7) de unde se transportă la locul de așternere. Tehnologia de așternere este cea cunoscută, cu mențiunea că procesul de compactare începe când mixtura are o temperatură cuprinsă între 90...100 °C.

Nisipurile bituminoase au fost folosite de specialiștii din domeniul rutier și pentru execuția altor lucrări dintre care amintesc următoarele:

- executarea îmbrăcăminților bituminoase de tipul macadamului îndopat cu nisip bituminos. Tehnologia a fost aplicată și brevetată pentru prima dată în cadrul DRDP Timișoara pentru îmbunătățirea viabilității pe drumurile pietruite cu trafic redus. Doctorandul a contribuit la implementarea acestei tehnologii și a urmărit comportarea ei în exploatare;

- fabricarea mixturilor asfaltice pentru producerea de borduri necesare încadrării drumurilor, trotuarelor sau aleilor pietonale;

- fabricarea mixturilor asfaltice pentru producerea dalelor prefabricate folosite la dalarea șanțurilor și rigolelor;

- fabricarea mixturilor asfaltice stocabile necesare lucrărilor de reparații pe timp de iarnă. Fabricarea s-a făcut cu ajutorul stației de producere a mixturii asfaltice brevetată de doctorand sub directa coordonare a acestuia.

### **3.3.1.3. Defecțiuni ale îmbrăcăminților bituminoase executate din mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos**

Defecțiunile care au apărut mai frecvent și au fost inventariate de doctorand în îmbrăcămințile bituminoase executate din mixturi asfaltice fabricate cu nisip bituminos, în cadrul DRDP Timișoara în perioada 1980...1990, sunt următoarele:

- suprafețe șlefuite: au apărut în proporție de 5 % din suprafața totală în general pe drumurile cu trafic mai ridicat, datorită procentului mai ridicat de fracțiuni fine din mixtură și datorită scheletului mineral redus al acestor mixturi. Această defecțiune a fost inventariată în special în intersecții, curbe sau în zonele de drum unde se produc accelelări și decelerări bruște.

- suprafețe exudate: au apărut în proporție de 3...4 % din suprafața totală datorită excesului de bitum din mixtură ca urmare a nestăpânirii corespunzătoare a raportului bitum dur / bitum natural din nisipul bituminos ; i a unei amorsări necorespunzătoare (când cantitatea de bitum pur rezidual din soluția de amorsaj depășește 0,5...0,6 kg/m<sup>2</sup>).

- compactare inefficientă;
- trafic intens;
- temperatura mediului ambiant ridicată.

- suprafețe cu ciupituri: defecțiunea este foarte des întâlnită la acest tip de îmbrăcămințe și se prezintă sub forma unor gropi cu diametrul cuprins între 10...30 mm, cu adâncime variabilă, putând ajunge până la 1/2 din grosimea stratului de uzură. Această defecțiune a apărut în proporție de 3...4% datorită impurităților existente în nisipul bituminos (cărbune, bulgări mici de marnă sau calcar, bucăți mici de lemn).

- suprafețe vălurite: defecțiunea este caracteristică pentru îmbrăcămințile din nisip bituminos. Ele au apărut sub forma unor table ondulate cu amplitudinea undulațiilor de cca. 20...80 mm și frecvență de 1,30...1,50 m reprezentând 1...2% din suprafață. Văluririle apar din mai multe cauze:

- exces de bitum în masa mixturii;
- bitum fluxat în mixtura asfaltică de consistență redusă, cu penetrația peste 120 zecimi de mm;
- schelet mineral slab, cu unghiuri de frecare interioară reduse, respectiv conținut redus de criblură sau agregate minerale;

- acțiunea combinată a temperaturii ridicate a mediului ambiant și traficul greu în zonele de decelerări și ambalări bruște, în curbe fără supraînălțări corespunzătoare.

- făgașe longitudinale: au apărut în proporție de 0,5...1% din suprafață sub forma unor tasări în profil longitudinal, de adâncimi și cu lățimi variabile, datorită următoarelor cauze:

- subdimensionarea sistemului rutier;
- existența unui trafic intens și greu;
- straturi rutiere realizate din mixturi bituminoase executate din agregate minerale cu unghiuri de frecare interioară mici.

- bitum în exces în mixtură, a cărui consistență este prea redusă;

- compactarea necorespunzătoare a straturilor complexului rutier.

- gropi: acest tip de defecțiuni s-a format prin dislocarea completă a îmbrăcămintei bituminoase și se prezintă sub forme și dimensiuni diferite reprezentând 0,5...1% din suprafață. Izolat au apărut și pe suprafețe întinse, deranjând evident desfășurarea circulației rutiere.

Apreciez că defecțiunile menționate au apărut datorită următoarelor cauze:

- îmbrăcămintă realizată dintr-o mixtură asfaltică necorespunzătoare (nisip bituminos cu conținut ridicat de impurități, bitum insuficient sau ars, agregate murdare, compactare insuficientă);

- dislocarea suprafețelor faianțate sau fisurate;

- scurgerea pe suprafața îmbrăcămintei a unor solvenți (benzină, motorină, petrol etc.);

- realizarea îmbrăcămintei pe timp nefavorabil (temperatură scăzută, ploaie).

### 3.2.1.3. Concluzii și propuneri

Studiile și cercetările autorului prezentate în acest subcapitol au vizat obținerea unor rezultate concrete referitoare la utilizarea nisipului bituminos în tehnica rutieră românească.

În acest context concluziile și propunerile care se pot formula sunt următoarele:

- Nisipul bituminos fiind un zăcământ purtător de substanță organică (bitum) este una din bogățiile naturale ale țării noastre.

Cantitățile de bitum insuficiente dar și calitățile superioare ale bitumului natural conținut în nisipul bituminos a determinat administrațiile de drumuri (atât naționale cât și județene) să reconsidere acest zăcământ în tehnica rutieră și să-l folosească în perioada anilor 1983...1991 la realizarea îmbrăcămintelor bituminoase pe drumurile naționale și județene cu trafic foarte ușor, ușor și mediu.

- Doctorandul s-a implicat activ în reutilizarea nisipului bituminos în tehnica rutieră prin folosirea lui la realizarea straturilor rutiere la drumurile administrate de Secția de Drumuri Naționale Arad.

- *Contribuția personală a doctorandului, privind folosirea nisipului bituminos în tehnica rutieră românească constă în elaborarea unei noi tehnologii de fabricare a mixturii asfaltice folosind ca liant nisipul bituminos.*

*În acest sens doctorandul a conceput și executat modificările necesare instalației de fabricat mixtură asfaltică folosind ca liant nisipul bituminos (vezi subcapitolul 3.2.1.1.) obținând "Brevetul de invenție" nr. 47615 din 29.12.1988.*

*De asemenea a conceput și executat prin Atelierul de zonă al Secției de Drumuri Naționale Arad două utilaje necesare îmbunătățirii calității mixturii asfaltice fabricate cu nisip bituminos și anume: zdrobitorul de nisip bituminos și zdrobitorul de bitum dur.*

Studiile și analizele de laborator efectuate pe probe prelevate din sectoarele de drum a căror îmbrăcăminte bituminoasă a fost executată cu mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos au condus la următoarele concluzii:

◆ *referitor la condițiile de fabricare a mixturii asfaltice folosind ca liant nisipul bituminos; am constatat că este foarte important să se efectueze cu foarte mare precizie următoarele operații:*

- pregătirea materialelor componente care constă în omogenizarea și zdrobirea bulgărilor din nisipul bituminos în fracțiuni care nu trebuie să depășească 60 mm și eliminarea impurităților din masa acestuia, folosind zdrobitorul de nisip bituminos cu ciur, precum și mărunțirea bitumului dur în fracțiuni  $\leq 1$  mm, folosind zdrobitorul de bitum dur;

- dozarea și omogenizarea agregatelor și a lianților, înainte de introducerea lor în betoniera de amestec forțat, folosind dozatoare volumetrice pentru agregate naturale și dozatoare gravimetrice pentru nisipul bituminos, bitumul dur și filer;

- corectarea consistenței bitumului natural din interiorul nisipului bituminos prin adaos de bitum dur. Urmare cercetărilor și experimentărilor făcute am ajuns la concluzia că raportul bitum natural / bitum dur trebuie să fie cuprins între 70/25...70/30 pentru anrobate bituminoase și de 60/40 pentru celelalte mixturi asfaltice, rezultând un adaos de bitum dur pentru corecția bitumului natural din nisipul bituminos de 1,8...4 % din procentul de bitum prevăzut în dozaje;

- controlul calității materialelor. Acest lucru l-am realizat prin determinări de laborator a calității agregatelor naturale (formă, conținut de impurități), a filerului (fînețea de măcinare, umiditatea) și a bitumului dur (penetrația și punctul de înmuiere). Pentru controlul nisipului bituminos am analizat conținutul de bitum, care după părerea doctorandului nu trebuie să fie sub 10%. Un conținut mai mic de 10% bitum natural în nisipul bituminos conduce la costuri mari pentru fabricarea mixturii asfaltice și diminuează considerabil

calitatea acesteia. Impuritățile din nisipul bituminos (argilă, cărbune, bucăți de lemn etc.) se impun a fi sub 3% din volumul nisipului bituminos;

- controlul procesului tehnologic constă în verificarea modului de funcționare a utilajelor (reglarea dozatoarelor, a injectorului și verificarea cântarelor). Studiind procesul de fabricare a mixturii asfaltice cu nisip bituminos am ajuns la concluzia că timpul de malaxare trebuie să fie de 1...2 min;

◆referitor la condițiile de calitate a îmbrăcămintei asfaltice executate cu mixtură asfaltică executată cu nisip bituminos.

Cercetările întreprinse de doctorand după primul an de utilizare a nisipului bituminos și până în anul 1992 pe probe prelevate de pe sectoarele executate în cadrul SDN Arad, analizate și studiate în laboratorul central al DRDP Timișoara (tabelul II.22) m-au condus la concluzia că o îmbrăcăminte bituminoasă executată cu mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos poate fi durabilă dacă are asigurate următoarele caracteristici:

Tabelul II.22.

**CARACTERISTICILE MEDII FIZICO-MECANICE ALE MIXTURILOR ASFALTICE FABRICATE CU N.B. EXECUTATE ÎN PERIOADA 1983...1990**

**1. ANROBATE CU NISIP BITUMINOS (A.B.N.B.31)  
1983...1990**

Caracteristici	1983	1984	1985	Condiții normativ CD 21-84
Conținut de bitum, %	6,5...6,9	6,1...6,9	6,4...6,5	5,5...6,5
Densitatea aparentă t/m <sup>3</sup>	1,98...2,00	2,00	2,15...2,23	min. 2,00
Absorbția de apă, % vol.	15,5...15,9	10	7,5...8,7	max. 10
Rezistența la compresiune la 22°C, daN/cm <sup>2</sup>	-	-	28...32	-
Stabilitatea Marshall, daN	368...478	-	300...1100	min. 400

**2. STRAT DE LEGĂTURĂ CU NISIP BITUMINOS (B.A.D.N.B.25)  
1983...1990**

Caracteristici	1983	1984	1985	1989	1990	Condiții normativ CD 21-84
Conținut de bitum, %	3,2...6,7	5,1	4,1...5,2	4,0...4,8	4...5,4	4...5
Densitatea aparentă t/m <sup>3</sup>	1,98...2,26		1,91...2,16	1,94...2,11	1,98...2,04	min. 2,1
Absorbția de apă, % vol.	6,2...11		10...20	2,2...15,5	14,0...14,6	max. 10
Stabilitatea Marshall, daN	400...1190		600...800	850...1200	980...2200	min. 400

### 3. STRAT DE UZURĂ CU NISIP BITUMINOS (B.A.N.B.16) 1983...1990

Caracteristici	1983	1984	1985	1987	1989	1990	Condiții normativ CD21-84
Conținut de bitum, %	6,1...10	6,2...10	6,4...8,9	6,8...8,7	5,9...9,7	6,8...9,7	6,8...8,2
Densitatea aparentă t/m <sup>3</sup>	2,03...2,27	1,96...2,15	2,0...2,17	1,97...2,22	1,91...2,17	1,9...2,46	min. 2,1
Absorbția de apă, % vol.	4,3...8,8	5,6...9,9	6,4...10,0	4,7...9,0	3...16,5	3,2...14,9	max. 8,0
Rezistența la compresiune la 22°C, daN/cm <sup>2</sup>	13,4...48	24...36,8	17,4...48,8	16,8...52,4	24,6...78	40...80	min. 30
Stabilitatea Marshall, daN	500...1150	330...1000	440...1600	440...1600	850...1650	980...2260	min. 400

• stabilitatea mixturii asfaltice. Pentru realizarea acestei caracteristici am folosit roci dure concasate cu un unghi de frecare mare în proporție de 20...30 % din totalul agregatelor folosite și am realizat o dozare corespunzătoare a bitumului, respectiv o corecție cât mai exactă a bitumului natural din nisipul bituminos. Urmare studiilor și cercetărilor efectuate pe sectoarele cu îmbrăcăminte bituminoasă executată cu mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos am putut trage concluzia că cele mai multe defecțiuni ale acestor îmbrăcămînți (văluriri, fâgașe, suprafețe șlefuite etc.) se datorează lipsei de stabilitate a mixturii asfaltice fabricată cu nisip bituminos.

• compactitatea și impermeabilitatea îmbrăcăminteii bituminoase. În urma analizelor efectuate am ajuns la concluzia că temperatura optimă de compactare a mixturii asfaltice fabricată cu nisip bituminos este de 90...100 °C pentru betoane asfaltice și de 70...80 °C pentru anrobate bituminoase, iar numărul de treceri pentru o compactare corectă este cuprins între 14...20 treceri, cu mențiunea că primele 5 treceri trebuie executate cu o viteză de 2...4 km/h iar următoarele cu viteza de 4...6 km/h. Atelierul de compactare folosit a fost format dintr-un compactor cu pneuri având masa de 16 tf și un compactor cu rulouri netede având masa de 10...12 tf.

De asemenea am constatat că, în general îmbrăcămînțile bituminoase executate cu mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos au un conținut de bitum natural  $\geq 10\%$  și au impurități sub 3 %, au o bună impermeabilitate, lucru datorat în special calităților fizico-mecanice foarte bune ale bitumului natural din nisipul bituminos.

• flexibilitatea îmbrăcăminteii bituminoase. Calitățile superioare ale bitumului natural conținut în nisipul bituminos (câmp de plasticitate foarte mare, procent de parafină scăzut, conținut de părți uleioase ridicat, punct de rupere FRASS mai scăzut decât al bitumului "D" etc.) conduc la concluzia că îmbrăcămînțile bituminoase executate cu mixtură asfaltică cu nisip bituminos sunt flexibile.

• omogenitatea mixturii asfaltice. Urmare cercetărilor și experimentelor întreprinse în laborator am ajuns la concluzia că mixtura asfaltică fabricată în instalații performante, în care se poate efectua un control riguros asupra dozării materialelor și asupra parametrilor de fabricare a mixturii asfaltice (temperatură,



timp de malaxare etc.) sunt mult mai omogene decât mixturile asfaltice fabricate în instalații neadaptate pentru fabricarea mixturilor asfaltice cu nisip bituminos.

- **rezistența la oboseală.** Rezistențele la oboseală corespunzătoare au fost obținute prin folosirea unor agregate naturale concasate care erau încadrate în granulozitatea prescrisă, având formă geometrică poliedrică. Mixtura asfaltică fabricată cu agregate naturale neconcasate, cu forme geometrice aciculare sau rotunjite a avut rezultate necorespunzătoare, rezultând o serie de defecțiuni în îmbrăcămintele bituminoase executate cu această mixtură.

### **Propuneri:**

Experiența pe care am acumulat-o în perioada 1983...1991, când nisipul bituminos a fost reconsiderat în tehnica rutieră românească, coroborată cu studiile și analizele de laborator efectuate de doctorand de-a lungul anilor, precum și observațiile și măsurătorile pe care le-am efectuat pe sectoarele de drum unde îmbrăcămintea bituminoasă este realizată din mixtură asfaltică realizată cu nisip bituminos, mi-au permis să formulez următoarele propuneri privind fabricarea nisipului bituminos în tehnica rutieră, fără a avea pretenția că am elucidat complet această problematică:

- nisipul bituminos poate fi folosit în continuare pentru fabricarea mixturilor asfaltice necesare îmbrăcămintelor rutiere pentru drumurile de clasa tehnică IV și V precum și pentru drumurile agricole.

Pentru acest lucru cred că trebuie soluționate următoarele probleme:

- stabilirea necesarului de nisip bituminos pentru o perioadă de minim 10 ani pentru a putea permite furnizorilor de nisip bituminos (exploatările din județele Bihor și Prahova) să-și realizeze studii și programe privind reactivarea minelor din care se extrage acest zăcământ (complexele de gradul 1 și 2 unde conținutul de bitum în nisipul bituminos este  $>13\%$  și este repartizat destul de omogen);

- stabilirea de către beneficiari și furnizori a standardului de calitate privind livrarea nisipului bituminos (omogenitate, conținut de bitum, impurități etc.);

- continuarea cercetărilor și experimentărilor privind corectarea consistenței bitumului natural în nisipul bituminos prin folosirea catalizatorilor și a polimerilor. Va trebui studiată în continuare corelația penetrație – punct de înmuiere;

- perfecționarea în continuare a instalațiilor existente pentru fabricarea mixturilor asfaltice cu nisip bituminos sau proiectarea și fabricarea unor noi tipuri de instalații.

- rentabilizarea utilizării nisipului bituminos în scopuri rutiere prin:

- asigurarea calității nisipului bituminos livrat conform prescripțiilor tehnice în vigoare;

- exploatarea lui din filoanele de zăcământ cu conținut ridicat de bitum;

- privatizarea sectorului de exploatare și furnizare a nisipului bituminos;

- crearea condițiilor necesare pentru folosirea lui în tehnica rutieră prin asigurarea de fonduri financiare necesare construcției de drumuri agricole și modernizării rețelei de drumuri din clasa tehnică IV și V.

- În urma cercetărilor și studiilor pe care le-am efectuat în perioada 1980...1990 sunt convins că aria îmbrăcăminților bituminoase executate din mixturi asfaltice cu nisip bituminos ar merita să fie lărgită prin folosirea lor masivă la modernizarea drumurilor de categoria IV și V a drumurilor locale și a drumurilor agricole.

Cred că prin continuarea studiilor și cercetărilor asupra acestui zăcământ se vor găsi tehnologiile optime de fabricare a mixturilor asfaltice cu nisip bituminos de bună calitate, competitive și comparabile cu celelalte tipuri de mixturi asfaltice (prodate cu bitum "D") și se vor da răspunsurile și soluțiile cele mai adecvate la problematica inventariată de subsemnatul la punctul "Propuneri" și bineînțeles la alte necunoscute care apar în tehnologia de fabricare și de punere în operă a acestor mixturi asfaltice.

### **3.3. Lucrări de întreținere executate pe DN6 km 358+000...552+600**

Starea acceptabilă de viabilitate a sectorului studiat a fost asigurată prin eforturi importante făcute de personalul de întreținere al direcției regionale, care cu fonduri financiare minime asigurate în decursul anilor (tabelul II.23. din anexă) a asigurat condiții decente de circulație pentru participanții la traficul rutier.

Din diagrama prezentată în fig. 2.17. se poate observa că volumul lucrărilor de întreținere propriu-zisă (tratamente și reparații îmbrăcămiți bituminoase, șlam bituminos) a crescut anual dar ele au fost insuficiente și nu au acoperit necesitățile rețelei care de la an la an a numărat tot mai mulți kilometri de îmbrăcămintă cu durata de exploatare expirată.

Pentru menținerea rețelei în stare acceptabilă, în decursul anilor, s-a recurs la o serie de soluții noi de întreținere la care doctorandul a avut contribuții importante, dintre care aș aminti:

- tratamente bituminoase executate cu emulsie;
- tratamente bituminoase duble, executate în general pe îmbrăcămiți din beton de ciment;
- tratamente bituminoase executate în situ (TRABINSIT);
- reparații îmbrăcămiți bituminoase cu mixtură asfaltică stocabilă;
- tratamente bituminoase cu emulsie cu bitum aditivat.
- reparații îmbrăcămiți bituminoase cu șlam bituminos, tehnologie aplicată începând cu anul 1994 și executată de firma S.C. "ALBIX" SRL Timișoara;

Această tehnologie s-a executat pentru prima dată în cadrul DRDP Timișoara, doctorandul contribuind la promovarea ei prin asigurarea fondurilor financiare necesare, prin urmărirea tehnologiei de execuție și prin urmărirea în exploatare a sectoarelor executate.

Tehnologia a fost elaborată sub îndrumarea și coordonarea doctorandului și a fost brevetată ca invenție în anul 1988 sub titlul de "Tratamente bituminoase executate cu agregate naturale în situ", obținându-se brevetul de invenție nr. 96617/25.03.1988.

- colmatarea rosturilor la îmbrăcămiși din beton de ciment folosind pudreta de cauciuc etc.

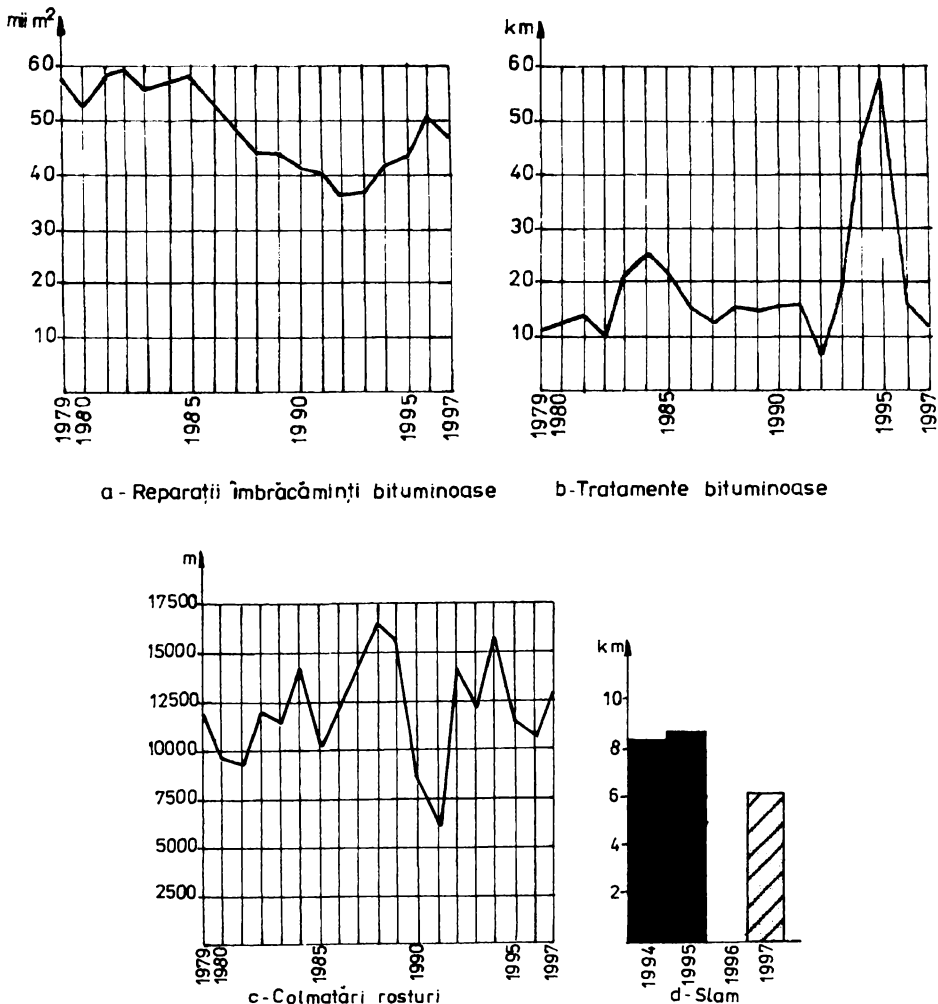


Fig. II.17. Diagrama lucrărilor de întreținere executate pe DN6.

În urma cercetărilor efectuate de doctorand, după stagiul efectuat în Franța la SETRA, ca bursier ACTIM (iunie-iulie 1986), am inițiat și am introdus în tehnica rutieră românească o serie de noutăți privind tehnologia de execuție și utilajele folosite la lucrările de întreținere.

Astfel în anii 1986...1987, am proiectat și executat (prin atelierul de drumuri al Secției de Drumuri Naționale Arad) un utilaj numit "*Răspânditor de criblură autopropulsat*" (foto 8) care a constituit brevet de inovație și care a fost în România primul utilaj prin care agregatele naturale folosite la executarea tratamentelor bituminoase au fost așternute în direcția de mers a utilajului, asigurându-se o răspândire uniformă a acestora pe întreaga suprafață a părții carosabile.

Acest utilaj a permis executarea tratamentelor bituminoase de bună calitate, economisindu-se importante cantități de agregate naturale, timp de execuție și bineînțeles fonduri financiare.

În anul 1988, împreună cu un colectiv de specialiști din cadrul Secției Utilaj Transport, aparținând DRDP Timișoara am inițiat, proiectat și realizat un "*Aspirator de criblură*", utilaj complex care a fost folosit în cadrul unității noastre pentru a aduna agregatele naturale alergătoare rezultate pe marginea drumului ca urmare a lucrărilor de tratamente bituminoase. Acest utilaj a permis refolosirea și micșorarea riscului de spargere a parbrizelor în zona lucrărilor de tratamente bituminoase.

### **2.3.1. Tratamente bituminoase executate cu agregate naturale în situ (TRABINSIT)**

Această tehnologie a fost aplicată pentru prima dată în cadrul Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara în anul 1987 la Secția de Drumuri Naționale Arad și constituie o tehnologie nouă de întreținere preventivă a îmbrăcăminților bituminoase. Prin această tehnologie s-au executat până în prezent în cadrul Administrației Naționale a Drumurilor peste 200 km tratamente.

Tehnologia pe care am elaborat-o constă în preanrobarea agregatelor naturale în timpul execuției și se realizează astfel:

- se pregătește partea carosabilă în vederea execuției tratamentului, se execută lucrările de reparații izolate și se curăță îmbrăcămintea cu peria mecanică;
- se aștern agregatele: criblură 8...16 mm în cantitate de 15 kg/m<sup>2</sup> sau pietriș sort 7-16 mm în cantitate de 10 kg/m<sup>2</sup>. Așternerea se face cu răspânditorul de agregate minerale în sensul de mers al acestuia.
- se stropesc agregatele naturale cu emulsie bituminoasă cu un conținut de bitum 60...65 %, în cantitate de 1,5 kg/m<sup>2</sup>. Această operație trebuie făcută cu grijă

în așa fel încât agregatele deja răspândite să nu fie deranjate. Emulsia anrobează agregatele care aderă la suprafața îmbrăcăminte bituminoase;

- dacă se consideră necesar, golurile dintre granulele anrobate pot fi umplute cu agregate mărunte și anume: cu criblură sort 3...8 mm în cantitate de cca. 6 kg/m<sup>2</sup> sau nisip grănos sort 3...7 mm în cantitate de cca. 5 kg/m<sup>2</sup>;

- după ruperea emulsiei (aproximativ 30 min.) urmează compactarea cu compactor pe pneuri, care se execută prin 3...4 treceri ale compactorului.

Sectorul poate fi dat în circulație după 3...4 ore de la terminarea execuției.

Avantajele acestei tehnologii, comparativ cu tehnologia de execuție a tratamentelor cu agregate naturale preanrobate cu bitum în centrale fixe sunt următoarele:

- se reduce consumul de bitum cu 20 %;
- se reduce consumul de agregate naturale cu 30 %;
- se elimină consumul de combustibil și energie electrică necesar la preanrobarea agregatelor naturale în stații fixe;
- se evită dislocarea granulelor agregatului de pe suprafața îmbrăcăminte și aruncarea acestora pe acostamente sau în parbrizele autovehiculelor;
- calitatea lucrării se îmbunătățește prin mărirea aderenței agregatelor la suprafața bituminoasă tratată prin împănarea agregatelor mari și obținerea unui înveliș uniform, impermeabil și rugos;
- se evită pierderea emulsiei bituminoase la executarea tratamentelor, atât pe aliniamente cât și în rampe sau pante;
- se evită manipulările și transporturile de materiale din depozit la instalația de anrobare și de acolo la locul de punere în operă.

Tehnologia "TRABINSIT" elaborată cu contribuția doctorandului, brevetată și aplicată în tehnica rutieră de execuție a tratamentelor bituminoase, constituie o metodă de întreținere preventivă a îmbrăcăminților bituminoase, ea putând fi aplicată însă foarte bine și pe îmbrăcămințile cu macadam, generând economii importante și conducând la creșterea productivității muncii.

#### **4. Concluzii și propuneri**

Aprecierile formulate în acest capitol referitoare la prezentarea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 precum și la evoluția lucrărilor realizate pe acest sector studiat de doctorand, permit formularea unor concluzii și propuneri.

Referitor la prezentarea și istoricul drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 se menționează:

- lungimea drumului național nr. 6, administrat și întreținut de Direcția Regională Drumuri și Poduri Timișoara este de 272,465 km (km 358+000...

...634+465) și reprezintă 40 % din lungimea totală a DN6 și 14,5 % din rețeaua de drumuri aflată sub administrarea DRDP Timișoara.

Sectorul studiat și analizat de doctorand, în lungime de 194,6 km (km 358+000...552+600), reprezintă 69 % din lungimea drumului național nr. 6 administrat de DRDP Timișoara și are următoarele caracteristici mai importante:

- 92 km (km 358+000...450+000), adică 47 % din lungimea sectorului studiat sunt situați într-o zonă de munte cu foarte multe curbe și declivități mai mari de 4 %. Pe acest sector sunt 92 curbe (cca. 50 % din lungime) din care 30 curbe (cca. 33 %) au raza  $\leq 100$  m și 9,7 km din drum au declivități  $\geq 4$  % (cca. 10% din lungime);

- 102,6 km (km 450+000...552+600), adică 53 % sunt situați într-o zonă de câmpie, având aliniamente lungi și un număr de 96 curbe în lungime de 21 km (cca. 21 % din lungimea sectorului), curbele din municipiul Caransebeș având raze mici, de 15...20 m;

- 70 km din sectorul studiat (cca. 36 %) sunt în traversarea localităților, din care în Caransebeș sunt 9,0 km, în Domașnea 2,0 km, în Mehadia 3,6 km;

- pe sectorul studiat sunt construite 71 buc. poduri și viaducte cu lungimea totală de 3.196 m (1,6 % din lungimea sectorului) revenind cca. 4 buc. de poduri și viaducte pe km; 354 buc. podețe dalate și tubulare, revenind 1,3 buc./km de drum. De asemenea sunt construite o serie de alte lucrări conexe (ziduri de sprijin 10452m; benzi suplimentare pentru circulația lentă: 1.400 m; sectoare cu 4 benzi de circulație: 9.854 m; intersecții; parcări; elemente de siguranța circulației) care asigură condiții acceptabile pentru desfășurarea traficului rutier actual;

- pe sectorul km 370+000...457+000, actualul drum național urmărește în general traseul fostului drum roman ce lega Dierna (Orșova) de Tibiscum (Caransebeș) construit după anul 100 e.n., cu atestare documentară în Tabula Peutingeriana (251...271 e.n.);

- analizând aspectele geologice-geotehnice și de relief ale zonei în care se desfășoară traseul studiat de doctorand, se desprind principalele condiții care au determinat în linii mari, caracterul soluțiilor constructive adoptate la proiectarea și execuția acestui drum:

- pe sectorul 358+000...470+000 dezvoltarea traseului s-a făcut pe un teren dificil, cu versanți abrupti cu aspect stâncos, afectați de eroziuni adânci și de fisuri orientate de cele mai multe ori defavorabil față de axa drumului. Caracterul impus de coastă, forma văilor și înclinarea versanților au impus pe acest sector ca profilul transversal predominant să fie profilul transversal mixt cu rambleuri și taluzuri ale versanților înalte și cu multe lucrări de artă (poduri, viaducte, ziduri de sprijin). Declivitățile longitudinale sunt cuprinse în general între 1 și 4 % (declivități maxime de 4...7 % fiind înregistrate pe 10,7 km, adică pe 9,6 % din lungimea acestui sector) permițând realizarea unor elemente geometrice pentru o viteză de proiectare de 40...60 km/h;

• pe sectorul 470+000...552+600 dezvoltarea traseului s-a făcut pe un teren de șes, într-un profil transversal de tip rambleu cu elemente geometrice proiectate și realizate pentru o viteză de proiectare de 60...80 km/h;

- analizând lucrările de modernizare a sectorului studiat de autor, lucrări executate în regie sau/și prin terți, se pot deosebi patru etape importante, și anume:

• etapa macadamurilor, executate până în prima jumătate a secolului al XIX-lea. Structura rutieră realizată în această etapă era alcătuită din balast nesortat (20...40 cm) și piatră spartă produsă în cariere, sort 40...63, în grosime de 8...10 cm. De remarcat că aceste materiale erau aprovizionate din zona drumului;

• etapa îmbrăcămișilor din pavele și beton, executate în a II-a jumătate a sec al XIX-lea. Structurile rutiere din această etapă erau construite din calupuri de piatră spartă așezată pe un strat de 5 cm nisip. Tot în această perioadă s-au executat 14,1 km structuri rutiere dint-un strat de beton de ciment de 18 cm așezat pe un strat de nisip de 5...10 cm, având rosturi transversale din 5 în 5 m și rosturi longitudinale;

• etapa îmbrăcămișilor bituminoase ușoare, care, de fapt, constituie prima etapă de modernizare a sectorului analizat de autor. Îmbrăcămișile bituminoase ușoare au fost executate în perioada 1952...1964, aplicându-se mai multe soluții pentru realizarea straturilor rutiere și anume: macadam penetrat, macadam asfaltic cu subif (M.A.S.), covoare de grosime redusă din mortar cu subif. Aceste straturi au fost aplicate peste structura rutieră existentă în scopul de a mări capacitatea portantă a acesteia și de a asigura condiții normale de circulație pentru traficul rutier existent;

• etapa ranforsărilor structurilor rutiere existente. Lucrările de ranforsare s-au executat în perioada 1962...1986, într-un ritm scăzut (cca. 7...8 km/an) datorită fondurilor financiare insuficiente alocate pentru acest drum. Soluțiile adoptate pentru realizarea ranforsării structurilor rutiere au ținut seama într-o oarecare măsură de asigurarea modulilor de deformație necesari ( $613...756 \text{ daN/cm}^2$ ) dar ele au fost gândite și realizate în special în funcție de resursele tehnico-materiale existente în perioada respectivă, realizându-se în general ranforsări cu îmbrăcămiși asfaltice într-un singur strat (30 km din care 13 km cu nisip bituminos).

După anul 1986 s-a trecut la ranforsarea structurilor rutiere folosind ca îmbrăcămișe rutieră betonul de ciment (24 km) și mixtura asfaltică așternută în două straturi (strat de legătură de 4...6 cm și strat de uzură de 4...6 cm).

Criza energetică acută cu care s-a confruntat sectorul rutier din țara noastră în perioada 1982...1990, a determinat specialiștii din cadrul DRDP Timișoara să recurgă la reconsiderarea nisipului bituminos ca liant în procesul de fabricare a mixturilor asfaltice la cald și de folosire a acestei mixturi asfaltice la lucrările de ranforsare a structurilor rutiere existente.

După părerea doctorandului, la nivelul traficului existent în acea perioadă (1982...1990) folosirea mixturilor asfaltice realizate cu nisip bituminos la

realizarea îmbrăcămișilor bituminoase a dat rezultate mulțumitoare, chiar bune pentru drumurile care au preluat trafic de la foarte ușor la mediu.

Doctorandul a studiat, a experimentat și a folosit nisipul bituminos în procesul de ranforsare a structurilor rutiere existente, aducând contribuții originale, descrise în subcapitolul 3.2.1., la perfecționarea tehnologiei de realizare a mixturii asfaltice folosind ca liant nisipul bituminos. aceste contribuții au fost materializate printr-un "Brevet de invenție" nr. 47615 din 29.12.1988, pentru invenția cu titlul "Instalație de preparat mixturi asfaltice" și prin faptul că a conceput și executat două utilaje (zdrobitorul de bitum dur și zdrobitorul de nisip bituminos) care au făcut posibile îmbunătățirea calității mixturii asfaltice realizată cu nisip bituminos

și care au fost generalizate în sectorul rutier din țara noastră.

Doctorandul rămâne la convingerea că era nisipului bituminos trebuie încă valorificată (vezi subcapitolul 3.2.1.3.) la lucrările de modernizare a drumurilor locale cu trafic până la mediu și pentru construcția drumurilor agricole.

Pentru a se menține drumul național nr. 6 km 358+000...552+600 în condiții acceptabile de viabilitate a fost necesar să se execute un volum ridicat de lucrări de întreținere, în special reparații (izolate și pe suprafețe întinse), precum și tratamente bituminoase.

Cercetările și experimentările efectuate de doctorand în sectorul de întreținere preventivă a drumurilor precum și preocupările în decursul celor 25 ani de activitate în sectorul rutier s-au materializat prin contribuții personale la dezvoltarea și implementarea unor tehnologii și utilaje în sectorul de întreținere preventivă a drumurilor, după cum urmează:

- în anul 1987 doctorandul a conceput și realizat o tehnologie nouă de execuție a tratamentelor bituminoase, numită "TRABINSIT", descrisă în subcapitolul 3.3.1. și brevetată de autor un an mai târziu, obținând Brevetul de Invenție nr. 96617/25.03.1988. Prin această tehnologie s-au executat în cadrul DRDP Timișoara cca. 400 km tratamente tip TRABINSIT pe îmbrăcămiși bituminoase și îmbrăcămiși din beton de ciment. Începând cu anul 1992 această tehnologie a fost aplicată și pe pietruirea existentă pe DN57 realizându-se cca. 22 km de TRABINSIT, reușindu-se, de fapt, prin aplicarea ei consecutivă în doi ani, transformarea pietruirii într-o structură rutieră acoperită cu un strat subțire de îmbrăcămintă bituminoasă;

- în perioada 1986...1987, am conceput și executat în cadrul Atelierului de zonă al SDN Arad un utilaj denumit "Răspânditor de criblură autopropulsat", utilaj care permite așternerea uniformă, în sensul de mers, a agregatelor naturale folosite pentru realizarea TRABINSIT-ului. Folosirea acestui utilaj la execuția tratamentelor bituminoase duce la o execuție calitativă bună, economisindu-se importante cantități de agregate naturale, timp pentru execuție și fonduri financiare. Utilajul a fost obiectul unui Brevet de Inovație, iar principiul lui de funcționare a stat la baza realizării răspânditorului de criblură pentru tratamente executat de S.C. "HAMEROC" S.A. din Miercurea-Ciuc;



- în anul 1988 am inițiat, proiectat și realizat "Aspiratorul de criblură", un utilaj complex care este folosit în cadrul unității noastre pentru a aduna agregatele naturale alergătoare existente pe marginea drumului ca urmare a executării lucrărilor de tratamente bituminoase;

- începând cu anul 1994 s-a aplicat pentru prima dată în România tehnologia de întreținere a suprafeței de rulare folosind covoare asfaltice subțiri, realizate din mixtură rece tip RALUMAC, realizată de firma ALBIX GENERAL CONSTRUCȚII S.R.L., în colaborare cu firma RASCHING A.G. din Germania. Doctorandul a contribuit la promovarea acestei tehnologii în cadrul DRDP Timișoara prin susținerea ei tehnică la forurile superioare, prin asigurarea fondurilor necesare implementării ei și prin urmărirea în exploatare a sectoarelor executate.

În concluzie, cu toate eforturile depuse pentru menținerea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 în stare corespunzătoare de viabilitate, datorită traficului greu preluat de acest drum, starea lui tehnică este REA, impunându-se urgent măsurile necesare pentru reabilitarea lui.

## CAP. III. NECESITATEA REABILITĂRII DN6

În ciuda rolului său important intern și internațional, condițiile existente de circulație ale DN6 sunt modeste deoarece:

- partea carosabilă îngustă nu poate prelua un trafic mai mare de 2000 vehicule/h în ambele direcții;

- structurile rutiere subdimensionate și capacitatea portantă scăzută a majorității podurilor nu permite decât o încărcătură pe osia simplă de maxim 100 kN iar pe osia dublă de maxim 160 kN;

- suprafața de rulare uzată a drumului conduce la costuri ridicate de întreținere a vehiculelor;

- punctele "negre" existente pe traseu și amenajările în plan pentru viteze scăzute (curbe cu raze mici, partea carosabilă la limita de 7 m în unele localități) sunt generatoare frecvente de accidente rutiere;

- vehiculele cu viteză scăzută de deplasare (tractoare sau vehicule trase de animale) împiedică fluența traficului, generând accidente de circulație.

Deoarece volumul de trafic a crescut foarte mult în ultima perioadă și este în continuă creștere se impune executarea de lucrări pentru îmbunătățirea capacității de trafic, a capacității portante a structurilor rutiere și a podurilor și asigurarea unei suprafețe de rulare corespunzătoare.

### 1. Evoluția traficului

Datele de trafic au rezultat din recensămintele efectuate în perioada 1955...1995, cu o periodicitate de 5 ani, precum și din prognoza făcută în anul 1996 cu privire la evoluția traficului, tabel III.1.

*Tabelul III.1.*

Nr. crt.	Clasa de trafic	Traficul (în M.Z.A.)									Prognoză	
		Anul recenzării:									2000	2005
		1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995		
1	Autoturisme	120	350	408	850	1319	2074	1467	3784	4989	7483	10976
2	Autobuze	8	10	16	42	52	59	46	36	64	102	160
3	Marfă	450	970	1158	1332	1552	1561	1084	1024	1530	2295	2754
4	Alte categorii de trafic	122	575	458	764	278	969	194	46	24	235	555
5	Total	700	1805	2040	2988	3201	3663	2791	4890	6607	10115	14445
6	R10	20	36	50	205	482	741	816	1100	2340	4058	4960

Pentru a putea analiza nivelul de solicitare a sectorului de drum, am analizat evoluția traficului pe rețea în perioada 1955...2005. Dinamica evoluției traficului exprimat în MZA (media zilnică anuală) pentru total autovehicule, autovehicule de transport marfă, autobuze și vehicule etalon R10, este prezentată în figura III.1.

Pentru o mai bună explicitate a evoluției traficului în perioada analizată, am studiat evoluția traficului (MZA) pe categorii de autovehicule în aceeași perioadă (tabelul III.2.).

Tabelul III.2.

MZA – Vehicule fizice							
Anul	Autoturisme	Autocamioane 1,5 ... 5 tf	Autocamioane > 5 tf	Autotractoare cu șa	Autobuze	Total	R10
1955	200	400	20	-	8	700	20
1960	350	850	35	-	10	1805	35
1965	408	914	41	-	16	2040	50
1970	850	850	150	82	32	2988	205
1975	1319	816	256	172	52	3201	482
1980	2074	334	556	247	59	3663	741
1985	1467	78	352	204	46	2791	816
1990	3784	31	441	275	36	4890	1100
1995	4989	537	211	531	64	6607	2340
2000 *	7483	859	316	956	102	10115	4058
2005 *	10976	1235	401	1115	160	14445	4960

- prognoză

Dinamica evoluției traficului de autoturisme, transport marfă cu capacitate între 1,5...5 tf, transport marfă cu capacitate >5 tf, autotractoare cu șa și autobuze, este prezentată în figura III.2.a, b.

Din datele prezentate rezultă că intensitatea traficului greu exprimat în vehicul etalon R10 prezintă creștere progresivă în raport cu traficul general.

Concluzia, este că în următorii 10 ani nu se întrevide o diminuare a acestor ritmuri de creștere și că practic drumul național 6, ca dealtfel întreaga rețea de drumuri naționale din România, va fi supusă rigurozității “erei traficului greu”. Se evidențiază totodată că efectele directe pe care le determină raportul dintre rezistența drumului și creșterea traficului sunt foarte mari. Astfel:

- volumul mare de reparații care trebuie executate pe drumul DN6, preiau din bugetul de întreținere a Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara, o parte importantă (cca. 8 %) și cu o tendință continuă de creștere (cca. 10 %);

- există riscul degradării accentuate a unor sectoare din traseul studiat, mai ales în perioada îngheț-dezghet. În aceste condiții apare necesitatea adaptării drumului la cerințele traficului greu, mai ales că atunci când a fost construit nu a fost dimensionat pentru a suporta asemenea sarcini. De regulă această adaptare trebuie făcută înainte de apariția unor degradări grave, asigurându-se conservarea în cât mai mare măsură a capacității portante a structurii existente, evitându-se pe această cale costurile mari necesare reconstrucției drumului.

Pentru studiul comportării la oboseală a structurilor rutiere existente pe drumul național 6, pe durata de exploatare, a fost necesar să se cunoască numărul de treceri în vehicul etalon R10, suportat pe această durată în exploatare.

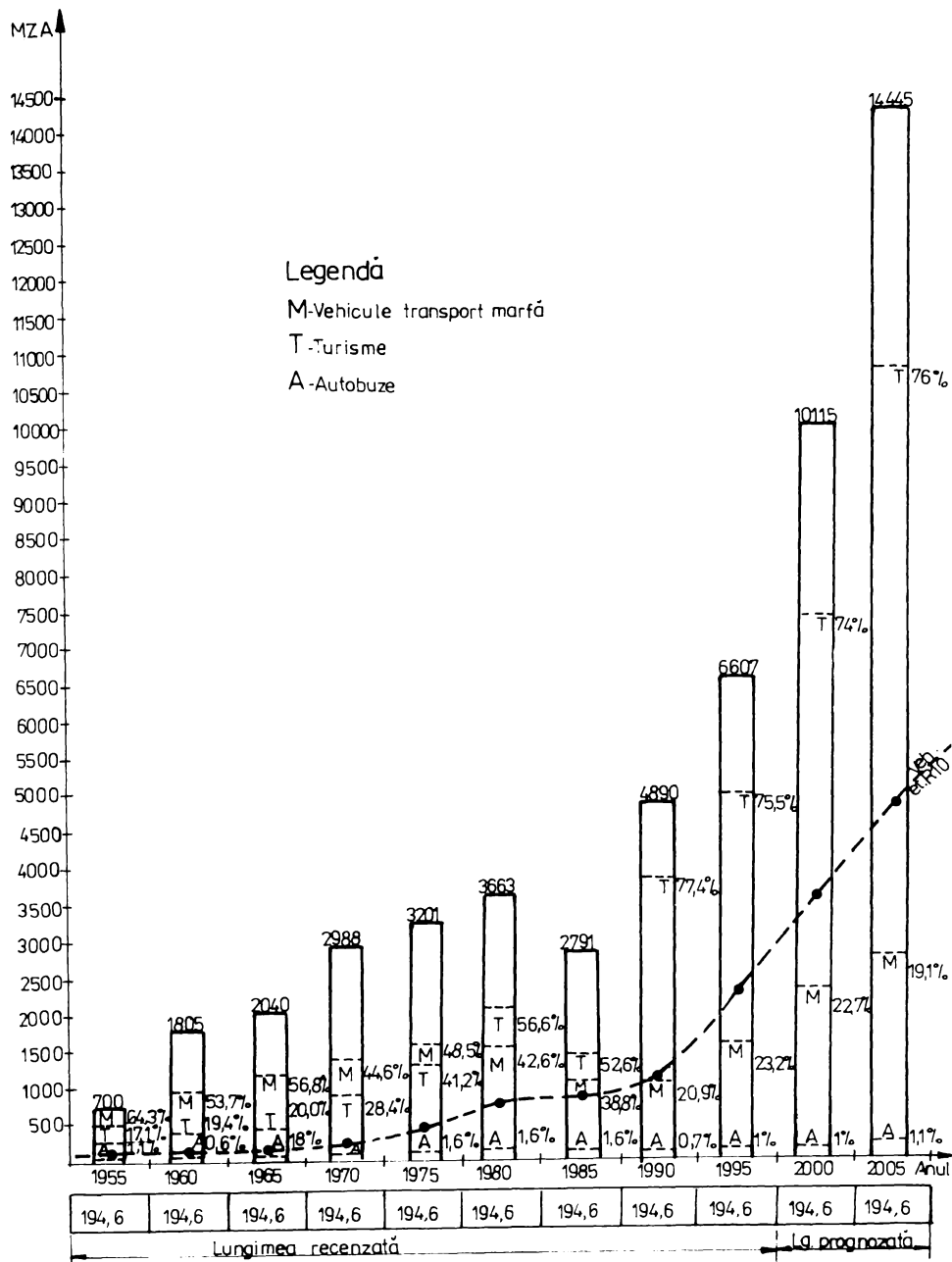


Fig. III.1. Evoluția traficului (M.Z.A.) pe drumul național DN6 în perioada 1955...2005

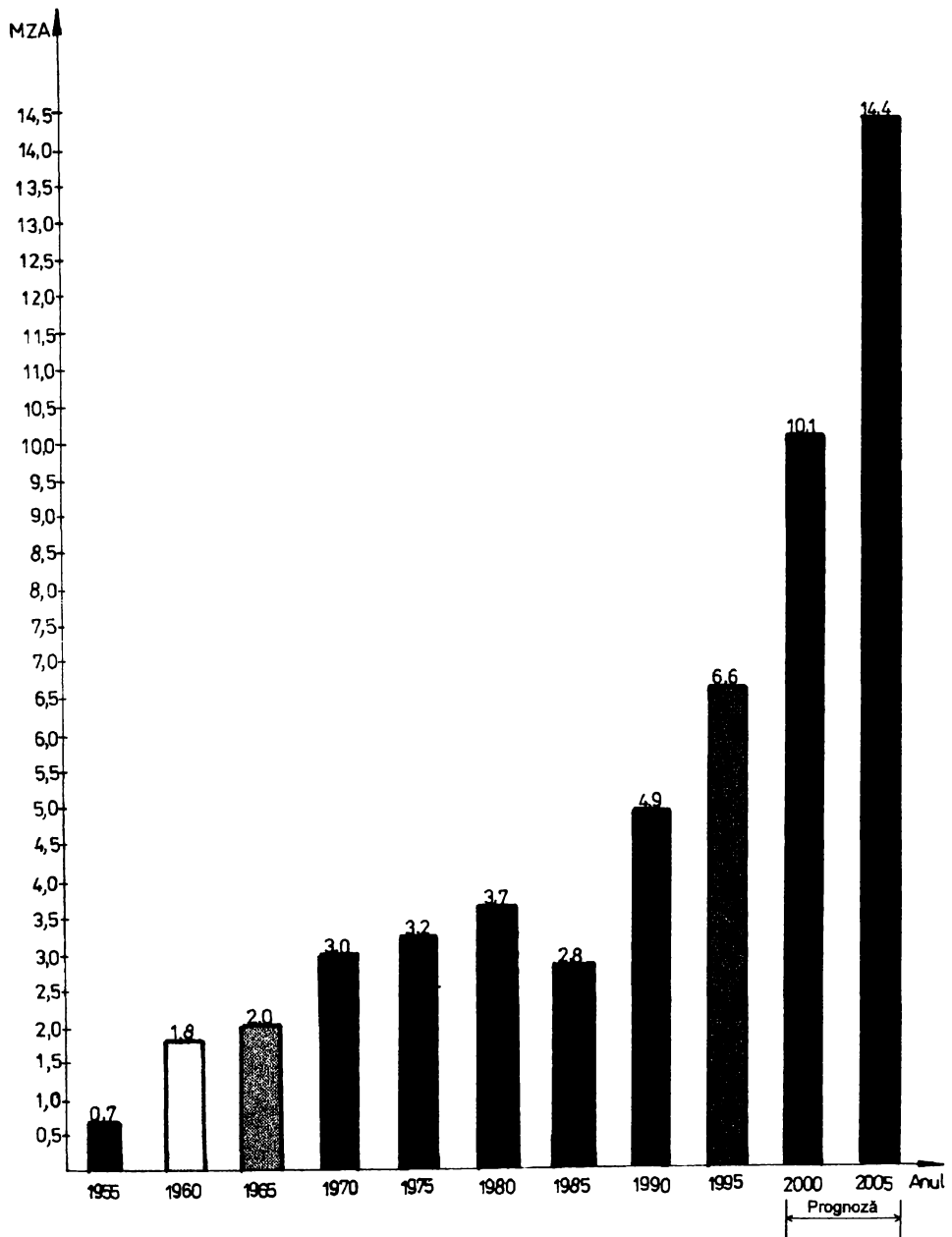


Fig. III.2.a. Evoluția traficului (M.Z.A.) pe DN6 pe categorii de autovehicule în perioada 1955...2005.

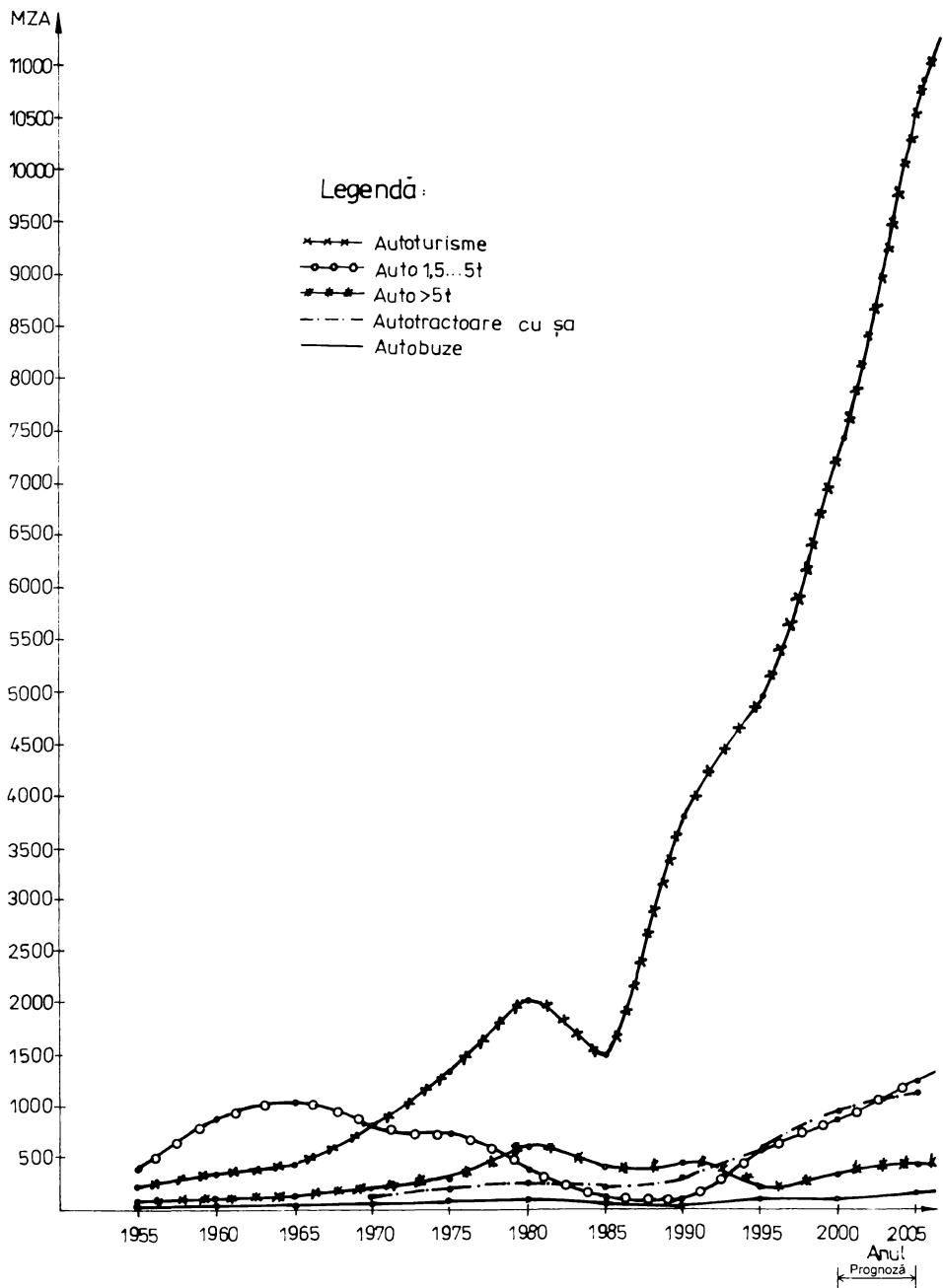


Fig. III.2.b. Evoluția traficului (M.Z.A.) pe DN6 pe categorii de autovehicule în perioada 1955...2005.

Acest lucru constituie în fapt determinarea numărului de treceri cumulat de vehicule etalon R10 care au circulat efectiv pe durata de exploatare, determinare care depinde de:

- intensitatea de trafic pe fiecare secțiune omogenă;
- agresivitatea acestui trafic, exprimat în număr de osii R10 (100 kN);
- durata de exploatare luată în considerare la analiza comportării structurii.

Pentru a avea o imagine cu privire la gradul de solicitare a sectorului studiat în perioada 1955...1990 și în perioada 1955...2005 (tabel III.3 și tabel III.4), în fig. III.3.a, b se prezintă lungimea tronsoanelor omogene de trafic care au suportat același volum de treceri în perioada 1955...1990 și volumul de treceri ce va fi suportat în perioada 1955...2005.

*Tabelul III.3.*

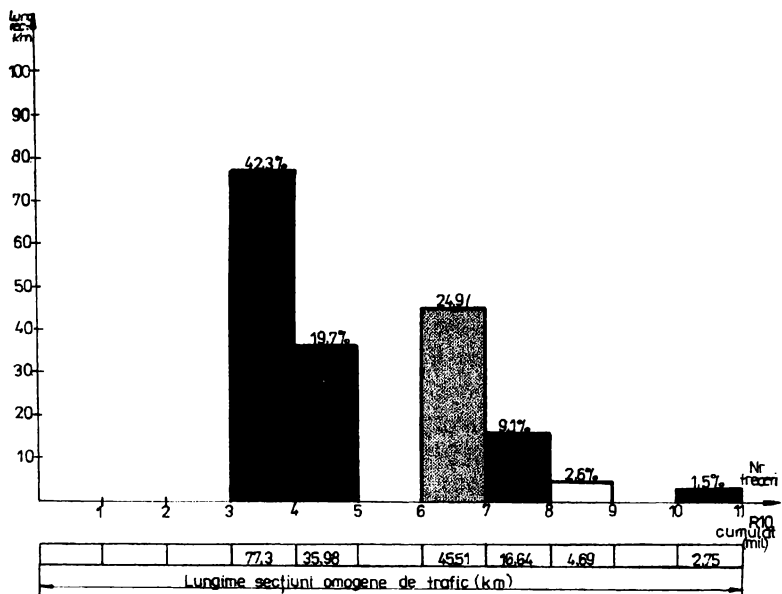
Nr. crt.	Poziție km.	Limite sector	Lungime sector	R10	Număr treceri 1955...1990
1	367+334	363+500...380+140	16,64	561 × 365 × 35 =	7.166.775
2	384+200	380+140...396+200	16,06	328 × 365 × 35 =	4.190.200
3	418+800	396+140...425+700	29,5	260 × 365 × 35 =	3.321.500
4	433+610	425+200...453+000	27,3	240 × 365 × 35 =	3.066.000
5	470+500	453+700...473+500	20,5	253 × 365 × 35 =	3.232.075
6	482+700	473+000...493+420	19,92	317 × 365 × 35 =	4.049.675
7	500+100	498+500...503+640	4,69	666 × 365 × 35 =	8.508.150
8	513+600	503+980...522+180	18,54	482 × 365 × 35 =	6.157.550
9	540+800	522+640...549+147	26,967	505 × 365 × 35 =	6.451.375
10	551+900	549+180...551+900	2,753	797 × 365 × 35 =	10.181.675
TOTAL km.			182,67		

*Tabelul III.4.*

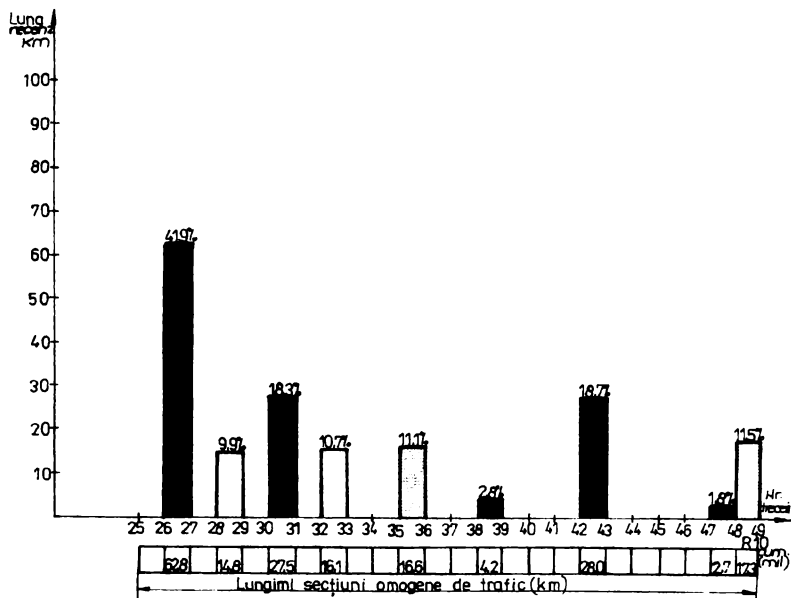
Nr. crt.	Poziție km.	Limite sector	Lungime sector	R10	Număr treceri 1955...1990
1	359+990	357+000...364+550	7,55	1676 × 365 × 35 =	30.578.000
2	364+800	364+550...381+140	16,59	1924 × 365 × 35 =	35.113.000
3	385+200	381+140...397+200	19,06	1771 × 365 × 35 =	32.320.750
4	434+610	397+200...435+210	38,01	1444 × 365 × 35 =	26.353.000
5	447+250	435+210...455+200	19,99	1649 × 365 × 35 =	30.094.250
6	470+940	455+200...480+010	24,81	1426 × 365 × 35 =	26.024.500
7	483+700	480+010...494+800	14,79	1545 × 365 × 35 =	28.196.250
8	503+640	500+400...504+640	4,24	2091 × 365 × 35 =	38.160.750
9	532+000	504+640...532+620	27,98	2340 × 365 × 35 =	42.705.000
10	544+500	532+620...549+900	17,28	2654 × 365 × 35 =	48.435.500
11	559+900	549+900...552+600	2,70	2622 × 365 × 35 =	47.851.500
TOTAL km.			190,0		

Din figura III.3.a. rezultă că din lungimea 194,6 km recenzați a suportat în această perioadă:

- 77,30 km mai puțin de 4 milioane de treceri (42,3 %);
- 35,98 km între 4 și 5 milioane de treceri (19,7 %);



a.



b.

Fig. III.3. Gradul de solicitare a DN6 în perioada 1955...2005.



- 45,51 km între 5 și 7 milioane de treceri (24,9 %);
- 16,64 km între 7 și 8 milioane de treceri (9,1 %);
- 4,69 km între 8 și 9 milioane de treceri (2,6 %);
- 2,75 km mai mult de 10 milioane de treceri (1,5 %).

De reținut că lungimea sectoarelor omogene de trafic care au suportat peste 8 milioane de treceri în perioada 1955...1985 este redusă, reprezentând numai 3,8 % din lungimea sectorului.

Valoarea medie a numărului de treceri, exprimată în vehicule etalon R10, pe kilometru de drum, în perioada 1955...1990 a fost de 6 milioane de treceri.

În perioada de perspectivă, până în anul 2005, rezultă din figura III.3 că valoarea medie a numărului de treceri R10 pe kilometrul de drum din sectorul analizat, va fi de 33 milioane de treceri.

Agresivitatea traficului greu asupra structurilor rutiere existente în exploatare pe sectorul studiat în perspectiva a 15 ani (1990...2005) va fi de circa 6,3 ori mai mare decât cea înregistrată în perioada 1955...1990 de 35 ani. Rezultă în mod evident că în perioada de perspectivă, până în anul 2005, deși nu asistăm la o creștere spectaculoasă a intensității traficului greu, solicitarea structurilor rutiere va fi deosebit de importantă, ceea ce va determina un volum foarte mare de lucrări de întreținere și reparații pentru a atinge o stare tehnică satisfăcătoare a sectorului studiat.

În perioada 1955...2005, 39 % din lungimea de drum recenzat (194,6 km) va suporta până la 29 milioane de treceri de R10, 32,5 % din lungime între 30 și 39 milioane de treceri și 28,5 % peste 42 milioane de treceri.

Dacă în perioada 1955...1990 lungimea sectoarelor omogene de trafic care au suportat peste 8 milioane de treceri R10 reprezintă 3,8 % din lungimea sectorului, în anul 2005 lungimea acestora va reprezenta 100,0 %, adică lungimea totală a sectorului recenzat.

### 1.1. Clase de trafic

Conform reglementărilor tehnice în vigoare în România, clasa de trafic se determină în funcție de MZA vehicul etalon și sunt redate în tabelul III.5.

*Tabelul III.5.*

Nr. crt.	Clasa de trafic	Nr. echivalent de vehicule etalon [A13/zi]	Modul de deformare echivalent necesar, [daN/cm <sup>2</sup> ]
1	Foarte ușor	< 50	< 415
2	Ușor	50...150	415...515
3	Mediu	150...700	515...635
4	Greu	700...2500	635...734
5	Foarte greu	> 2500	> 734

Evoluția încadrării în clase efective de trafic a sectorului studiat în perioada 1985...2005 pe baza intensității de trafic exprimată în MZA A13 se prezintă în tabelul III.6.

Tabelul III.6.

Nr. crt.	Clasa	Anul			
		1985	1995	2000	2005
1	Mediu	77,6	77,6	-	-
2	Greu	38,9	114,3	170,4	-
3	Foarte greu	-	2,7	24,2	194,6
TOTAL		194,6	194,6	184,6	194,6

Din analiza efectuată cu privire la această evoluție s-au desprins următoarele aspecte (fig. III.4):

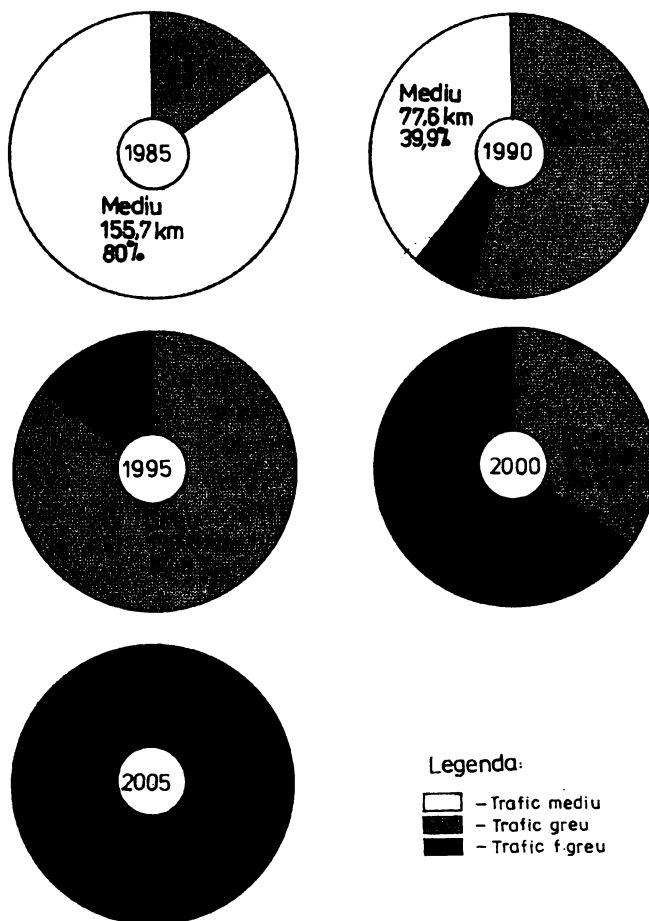


Fig. III.4. Evoluția încadrării DN6 pe clase de trafic în perioada 1985...2005

- pe majoritatea secțiunilor omogene de trafic, încadrate în clasele de trafic GREU și FOARTE GREU, se înregistrează intensități de trafic (MZA A13) mult mai mari decât valoarea minimă pentru aceste clase de trafic;

- în perioada 1990...2005, 100% din lungimea sectorului trece în clasa de trafic FOARTE GREU.

- necesitatea determinării stării tehnice structurale, respectiv a capacității portante reziduale a structurilor rutiere și determinarea pe această bază a soluțiilor de ranforsare.

## 1.2. Trafic cumulat

Traficul cumulat s-a stabilit pe baza relației:

$$N_c = T \times 365 \times C_r \cdot t \sum_{k=1}^4 n_k \cdot P_{pk} \cdot f_{ck} \quad [\text{MZA A13}] \quad (\text{III.1})$$

în care:

- $N_c$  este traficul cumulat;
- $T$  este numărul de ani corespunzător perioadei de perspectivă de 10 ani;
- $C_r \cdot t$  este coeficientul de repartiție transversală pe benzi de circulație;  
 $C_r \cdot t = 0,50$  pentru drumuri cu două benzi de circulație;
- $n_k$  este numărul de autovehicule recențat în anul de bază corespunzător fiecărei categorii de autovehicule  $k$ ;
- $P_{pk}$  este coeficientul de evoluție a traficului corespunzător mijlocului perioadei de perspectivă (10 ani) pentru categoria de autovehicule  $k$ ;
- $f_{ck}$  este coeficientul de echivalare din categoria de autovehicule respectivă, în vehicule etalon, cu sarcina pe osia din spate de 100 kN.

## 1.3. Concluzii și propuneri

În urma analizei efectuate de doctorand asupra traficului s-au constatat următoarele:

- odată cu schimbarea economiei planificate cu o economie bazată pe cerere și ofertă, traficul a cunoscut o creștere majoră.

Această creștere va fi influențată în continuare de creșterea produsului intern brut precum și de gradul de dezvoltare economică a țărilor din Europa, vecine cu România, precum și de alte economii majore cum ar fi SUA, Japonia și Coreea.

- în ciuda condițiilor economice precare, vehiculele de pasageri (autoturismele) au continuat să-și crească fluxul. Rata medie de creștere în perioada 1985...1995 a fost de 7,5 % cu tendință de creștere până în anul 2005 cu 10 %. Acest lucru s-a datorat liberalizării importului de mașini de către privați, el ajungând în viitorul apropiat la 6...8 %/an.

- Se preconizează o creștere anuală a traficului cu 5,2 % până în anul 2000 și cu 5,3 % până în anul 2005. Traficul de pasageri (autobuze, autoturisme) va crește cu o rată mai mare, în timp ce vehiculele grele vor prezenta o rată de creștere mai scăzută.

La nivelul actual de motorizare, elasticitatea factorului de creștere de 1,5 a fost estimat prudent și rezonabil, el fiind comparabil cu al altor țări cu niveluri similare de motorizare (Ungaria, Cehia etc.).

## 2. Studiu de diagnostic

Studiul de diagnostic a fost efectuat pentru întreg sectorul drumului național 6 Limita județului Mehedinți – Timișoara în lungime de 194,6 km.

Studiile efectuate au urmărit să evalueze nivelul de degradare al drumului național 6, în vederea determinării modului în care sunt influențate condițiile de rulare pentru utilizatori și în același timp pentru stabilirea pe această bază a lucrărilor necesare de efectuat în vederea reabilitării acestui drum.

### Obiective și mijloace

Obiectivul studiului de diagnostic a fost acela de a inventaria și evalua toate problemele legate de traseul studiat referitoare la:

- nivelul de degradare a drumului și anume:
  - capacitatea portantă a structurilor rutiere;
  - uzura suprafeței de rulare;
  - capacitatea portantă a podurilor.
- sectoarele de drum instabile și cele cu risc ridicat și anume:
  - sectoarele unde există alunecări de teren;
  - punctele negre de pe traseu care generează accidente de circulație;
  - elementele geometrice care necesită îmbunătățiri pentru a putea răspunde traficului existent și celui de perspectivă.
- siguranța circulației;
- scurgerea apelor;
- încadrarea drumului în mediul ambiant;
- poluarea mediului înconjurător;

Mijloacele de care s-a dispus pentru această investigație amplă și la elaborarea cărora doctorandul a participat efectiv au constat din:

- banca de date tehnice rutiere existentă în cadrul DRDP Timișoara;
  - investigațiile efectuate pentru evaluarea traficului și a nivelului de agresivitate al acestuia;
  - examinarea ambientală cu referire la factorii climatici, floră, faună și poluare;
  - studii de detaliere pentru cuantificarea nivelului de degradare a rețelei rutiere din cadrul DRDP Timișoara;
  - studii de cuantificare a nivelului capacității portante a sectorului studiat.
- Măsurătorile directe s-au efectuat pe tronsonul studiat cu DYNTEST-FWD 8000 (Falling Weight Deflectometer).

### **Metodologia de diagnosticare**

Pentru a putea efectua studiul de diagnosticare, am divizat sectorul de drum studiat în sectoare omogene, caracterizate prin:

- aceeași intensitate de trafic suportat;
- același tip de sistem rutier: structuri rutiere suple cu straturi bituminoase <10cm (SRS); structuri rutiere rigide din beton de ciment (SRB); structuri rutiere mixte cu grosimea stratului bituminos >10cm (SRM), de grosime redusă (< 10 cm); pavaje;
- aceeași natură și grosime a straturilor componente;
- același an de execuție;
- același tip de zonă climatică;
- aceeași stare tehnică.

A doua etapă de sectorizare pe care doctorandul a efectuat-o a constat în divizarea sectoarelor de drum omogene obținute pe baza criteriilor mai sus menționate, în sectoare omogene și din punct de vedere al stării tehnice a suprafeței de rulare, pe baza criteriilor de cuantificare. În această etapă am cuantificat prima diagnosticare a secțiunilor omogene de pe sectorul studiat.

A treia etapă de divizare în secțiuni omogene am efectuat-o prin luarea în considerare a indicatorului de stare structurală. Această etapă a permis diagnosticarea finală, pe considerente de calitate, a secțiunilor omogene.

În acest mod am depistat sectoarele omogene de drum care atestă o stare tehnică a suprafeței de rulare "BUNĂ", dar starea tehnică structurală este "MEDIOCRĂ" sau "REA". În aceste situații nivelul de degradare a fost mascat fie de lucrări de întreținere executate recent (tratamente bituminoase, șlam sau ranforsări într-un strat), fie datorită faptului că fenomenele existente în unele straturi ale structurii rutiere nu s-au manifestat încă la suprafață.

În același mod am putut depista sectoarele omogene de drum care atestă o stare tehnică a suprafeței de rulare "MEDIOCRĂ" sau "REA", dar care au o stare tehnică structurală "BUNĂ". Starea tehnică nesatisfăcătoare a suprafeței de rulare, în condițiile în care starea tehnică structurală este "BUNĂ" se datorează în principal calității necorespunzătoare a bitumului sau unor deficiențe de execuție.

## 2.1. Cuantificarea nivelului de degradare a rețelei studiate

Inspecțiile de vizualizare pe care le-a efectuat autorul în anii 1984...1985, 1988...1989 și 1992...1993 au permis inventarierea diferitelor tipuri de degradări existente. De asemenea în perioada 18...19 octombrie 1994 și 3...5 octombrie 1995 am efectuat împreună cu Institutul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică, (CESTRIN) București, măsurători de planeitate pe întreg sectorul studiat.

### 2.1.1. Clasificarea degradărilor

În conformitate cu prevederile "Instrucțiunilor Tehnice Departamentale pentru Prevenirea și Remedierea Defecțiunilor la Îmbrăcămiștile Rutiere Moderne" [89], pentru definirea tipurilor de degradare a fost adoptată următoarea clasificare a defecțiunilor:

#### **A). Pentru îmbrăcămiși bituminoase:**

- Degradări ale suprafeței de rulare:
  - suprafață șlefuită, exudată, poroasă, cu ciupituri, șiroită, încrețită;
  - peladă;
  - văluriri, refulări, rupturi (de margine);
  - fisuri și crăpături transversale;
  - fisuri și crăpături longitudinale;
- Degradări structurale:
  - fisuri și crăpături unidirecționale multiple;
  - faianțări în pânză de păianjen;
  - faianțări în plăci;
  - gropi și reparații izolate;
  - fâgașe longitudinale;
  - degradări din îngheț-dezghet;

#### **B). Pentru îmbrăcămiși din beton de ciment:**

- Degradări de suprafețe:
  - suprafață șlefuită, exfoliată;
  - peladă;
  - defecțiuni de rosturi;
  - gropi;
- Degradări structurale:
  - fisuri și crăpături transversale;
  - fisuri și crăpături longitudinale;
  - fisuri și crăpături diagonale sau la colțuri;
  - faianțări;
  - tasarea dalelor;
  - pompaj.

## 2.1.2. Definirea stării tehnice a suprafeței de rulare

În baza datelor pe care le-am obținut din inspecțiile de vizualizare, din măsurătorile de planeitate și rugozitate, reactualizate pe baza evidențierii lucrărilor de întreținere executate în anul 1997 precum și pe baza relațiilor dintre tipurile de degradare și starea tehnică prezentate în tabelul III.7, sectorul de drum studiat l-am divizat în secțiuni omogene caracterizate prin același nivel de gravitate a degradărilor.

Tabelul III.7.

### RELAȚII ÎNTRE TIPUL DE DEGRADARE ȘI STAREA TEHNICĂ REZULTATE DIN INSPECȚIILE DE VIZUALIZARE

Tip de degradare		Starea tehnică		
		Bună	Rea	Mediocră
De suprafață	Suprafață: șlefuită, exudată, poroasă etc.	Locale	Pronunțată	Foarte pronunțată
	Peladă, văluriri, refulări și rupturi de margini	Locale	Continue pe o bandă de circulație	Continue pe ambele benzi de circulație
	Fisuri longitudinale de rost	Fine	Deschise fără degradări ale marginilor	Deschise cu degradări ale marginilor
De structură	Fisuri și crăpături	Fisuri fine transversale sau în ax	Fisuri deschise și/sau adesea cu mici ramificații	Fisuri ramificate și/sau foarte deschise și adesea cu marginile degradate
	Gropi	Punctuale	Continue sau punctuale cu apariție în stratul de bază	Continue cu apariție în stratul de bază
	Faianțări	-	Reparații afectând sistematic o bandă de circulație pe lungimi reduse	Reparații care afectează o bandă de circulație pe lungimi mari
	Deformații	-	Sesizabile în circulație dar cu săgeata < 4 cm	Deformații grave localizate sau fâgașe

Inventarierea degradărilor după clasificarea enunțată mai sus s-a centralizat în formularele "Inventar grafic" (ex. fig. III.5).

Urmare a inventarierilor acestor defecțiuni, făcute de autor pe îmbrăcămintea bituminoasă în perioadele la care m-am referit, am constatat că sectorul se prezintă astfel:

- pe 30 % din suprafața analizată, degradări ale suprafeței de rulare și
- pe 36 % din suprafața, degradări structurale, de absolut toate tipurile.

În ceea ce privește îmbrăcămintea din beton de ciment am constatat că 8 % din suprafață, prezintă degradări de suprafață și 12 % din suprafață, prezintă degradări structurale, în special fisuri, crăpături și faianțări.

Prelucrarea datelor de mai sus atestă că 83% din suprafața de rulare are o stare tehnică MEDIOCRĂ și REA, cu toate eforturile depuse pentru menținerea ei într-o stare corespunzătoare de viabilitate.

### 2.1.3. Măsurători de planeitate

Pentru a avea o imagine cât mai reală asupra planeității părții carosabile a sectorului studiat, în baza unei colaborări cu CESTRIN București în luna Octombrie a anilor 1994 și 1995, doctorandul a efectuat măsurători de planeitate cu utilajul APL din dotarea CESTRIN.

Măsurătorile s-au efectuat pe secțiuni selecționate din sectoarele de drum pe care a fost executat șlam bituminos, (tabelul III.24) urmărindu-se în mod direct aportul pe care îl aduce această tehnologie la îmbunătățirea planeității părții carosabile.

Rezultatele măsurătorilor de planeitate sunt exprimate prin valorile indicelui internațional de planeitate (IRI) exprimat în m/km și prin variația semnalului APL (a valorilor denivelărilor) în lungul drumului care sunt înregistrate la fiecare 25 cm de drum.

O planeitate bună, în conformitate cu Recomandările Băncii Mondiale pentru clasele indicelui IRI (m/km), este atunci când valorile indicelui internațional de planeitate se încadrează în clasele [5,6]...[9,10].

Rezultatele măsurătorilor le-am inventariat în tabele (ex. tabelul III.8) și le-am prezentat grafic în histogramele frecvențelor (ex. fig. III.6. a, b, c, d).

Din analiza histogramele de frecvență, întocmite în urma măsurătorilor pe care le-am executat înainte de execuția șlamului bituminos, a rezultat că pe banda de măsurare dinspre axă, valorile se încadrează în clasa [3,4], în ambele cazuri valorile IRI fiind  $\geq 8$  m/km. Acest lucru asigură o circulație confortabilă de 50...60 km/h (conform cu recomandările Băncii Mondiale pentru clasele indicelui IRI).

În urma executării șlamului bituminos, planeitatea s-a corectat în oarecare măsură, rezultând valori ale indicelui IRI foarte apropiate între ele (4,17...4,50 m/km pe sectorul km 368+950...369+570) cu încadrare în clasele [4,5] , [5,6], ceea ce indică o uniformitate bună asigurând o circulație cu viteze de 100...120 km/h.

Analizând valorile IRI, pe toate sectoarele măsurate, după execuția șlamului bituminos, am constatat că acestea se încadrează în proporție de 86,7 % în clasele [4,5] și [5,6], față de situația dinaintea execuției șlamului când 61,3 % din valori erau mai mari de 8 m/km.



Valeurs d'IRI
---------------

Section de mesure: APL00081

Date des mesures: 19101994

Configuration: Bitrace

Identification section: DW6, km367+400-369+600, dr

*Km 367+930 = 367+930*

Vitesse: 70.0 km/h

*Km 368+950 = 369+570*

Pas d'échantillonnage: 25.33 cm

Longueur de la section: 2150 mètres

Nombre d'événements topés: 1

Abcisse PK début: 367400

Abcisse PK fin: 369500

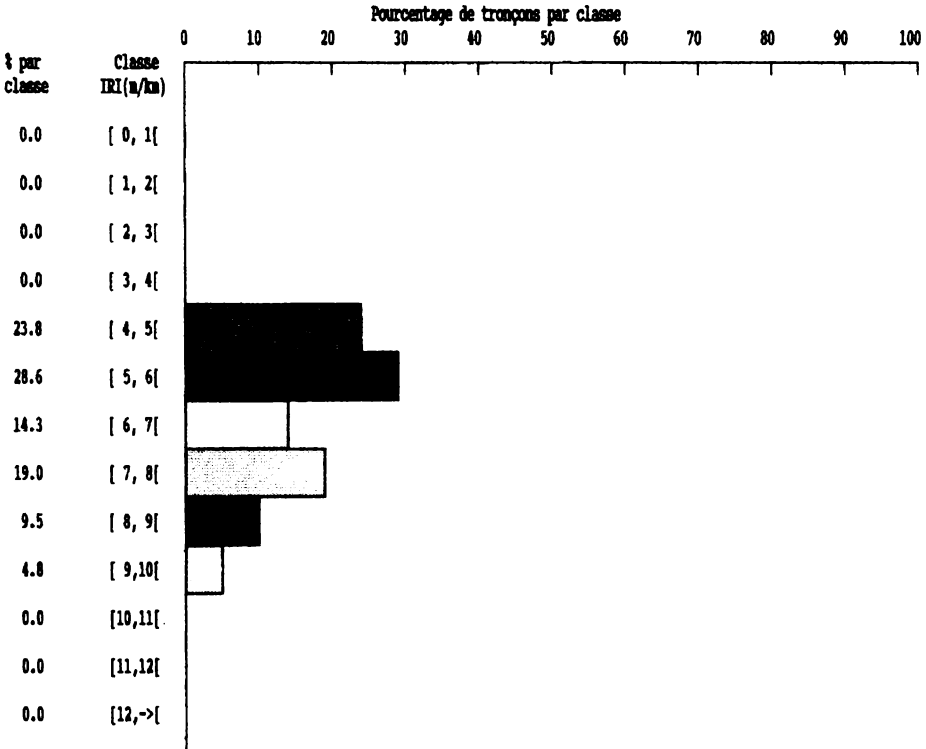
Longueur des tronçons: 100 mètres

Nombre de tronçons: 21

N° tronçon	abcisse PK (m)	IRI (m/km) remorque G	IRI (m/km) remorque D	vitesse (km/h)	Événement ('abcisse PK en mètres')
1	367400	5.91	5.82	64.2	
2	367500	5.59	5.94	69.4	
3	367600	5.41	5.94	70.4	
4	367700	5.32	7.24	67.0	
5	367800	5.19	6.76	60.3	
6	367900	6.58	7.43	60.9	
7	368000	7.64	7.55	63.3	
8	368100	6.47	6.27	64.9	
9	368200	8.92	9.07	63.9	
10	368300	9.00	8.89	63.9	
11	368400	7.17	7.28	68.3	
12	368500	6.32	8.66	59.1	
13	368600	7.21	9.15	60.1	
14	368700	7.33	9.79	67.3	
15	368800	8.73	9.99	58.9	
16	368900	5.01	5.50	61.9	
17	369000	4.50	5.33	69.9	
18	369100	4.34	4.36	71.6	
19	369200	4.46	5.03	68.8	
20	369300	4.28	4.21	71.0	
21	369400	4.19	4.29	72.4	
22	369600	4.17	4.42	70.4	

Histogramme IRI

Section de mesure: AFL00081  
 Date des mesures: 19101994  
 Configuration: Bitrace Remorque gauche  
 Identification section: DW6,km367+400-369+600,dr  
 Vitesse: 70.0 km/h  
 Pas d'échantillonnage: 25.33 cm  
 Longueur de la section: 2150 mètres  
 Nombre d'événements topés: 1  
  
 Abscisse PK début: 367400  
 Abscisse PK fin: 369500  
 Longueur des tronçons: 100 mètres  
 Nombre de tronçons: 21



*Fig. III.6.a.*

Histogramme IRI

Section de mesure: APL00081  
 Date des mesures: 19101994  
 Configuration: Bitrace Remorque droite  
 Identification section: DM6,km367+400-369+600,dr  
 Vitesse: 70.0 km/h  
 Pas d'échantillonnage: 25.33 cm  
 Longueur de la section: 2150 mètres  
 Nombre d'événements topés: 1  
  
 Abscisse PK début: 367400  
 Abscisse PK fin: 369500  
 Longueur des tronçons: 100 mètres  
 Nombre de tronçons: 21

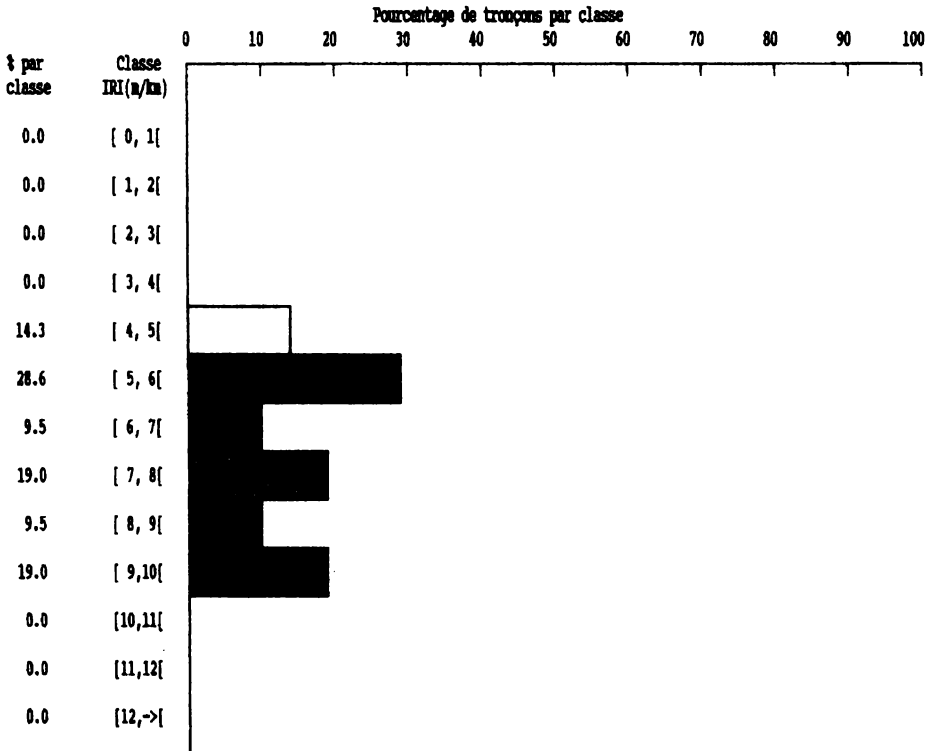
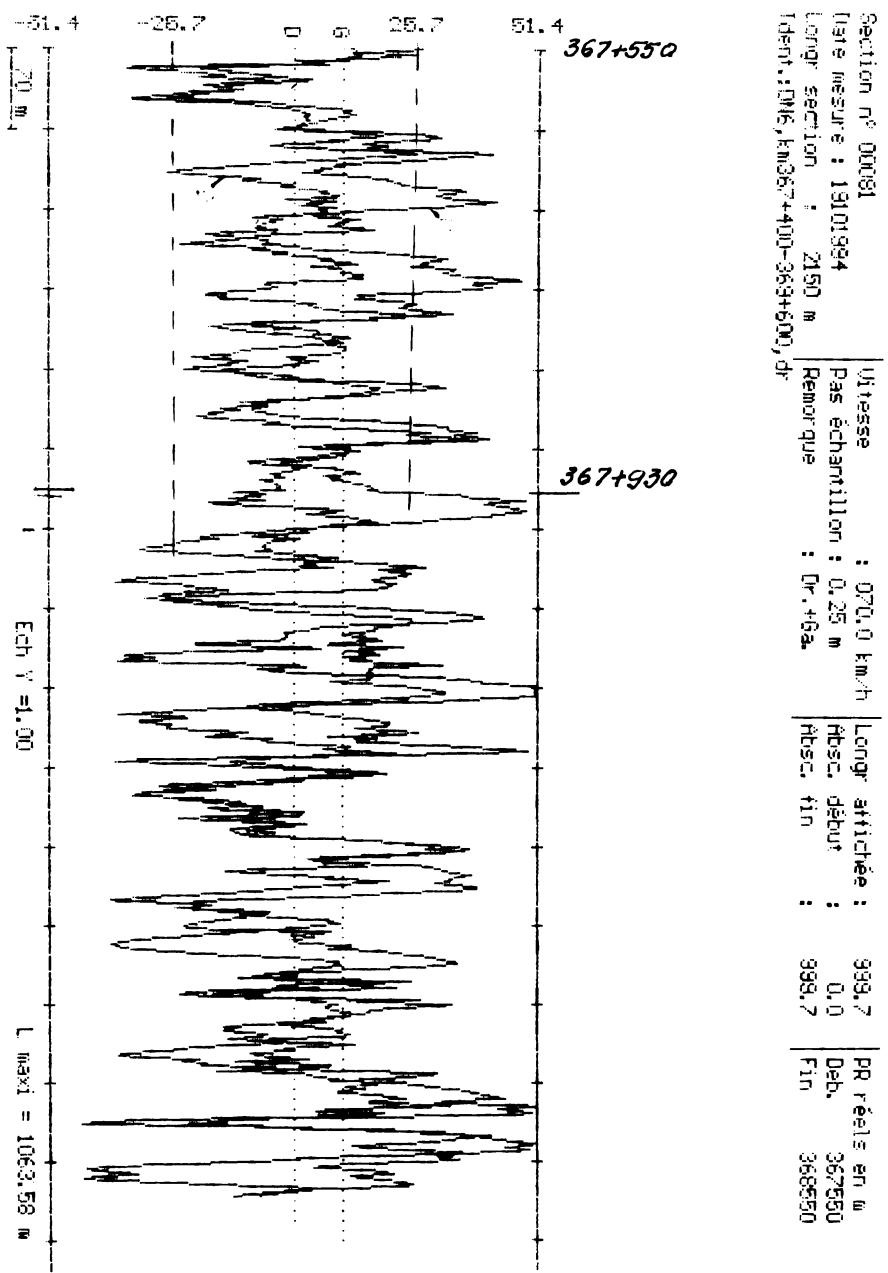


Fig. III.6.b.



Section n° 00081  
 Date mesure : 19/01/994  
 Longr. section : 2150 m  
 Ident.: DNE, km367+400-369+600, dr

Uitesse	: 070.0 km/h	Longr. affichée :	339.7	PR réels en m
Pas échantillon :	0.25 m	Absc. début :	0.0	367550
Remarque :	Dr.+6a.	Absc. fin :	399.7	368550

Fig. III.6.c.

Section n° 00081  
 Date mesure : 19/01/94  
 Longr. section : 2150 m  
 Identif: DM6, Em367+400-369+600, dr

Uitesse	: 070,0 km/h	Longr. affichée :	939,7	PR. réels en m
Pas échantillon :	0,25 m	Rosc. début :	0,0	Deb. 368950
Remarque	: Dr. +8a.	Rosc. fin :	939,7	Fin 369950

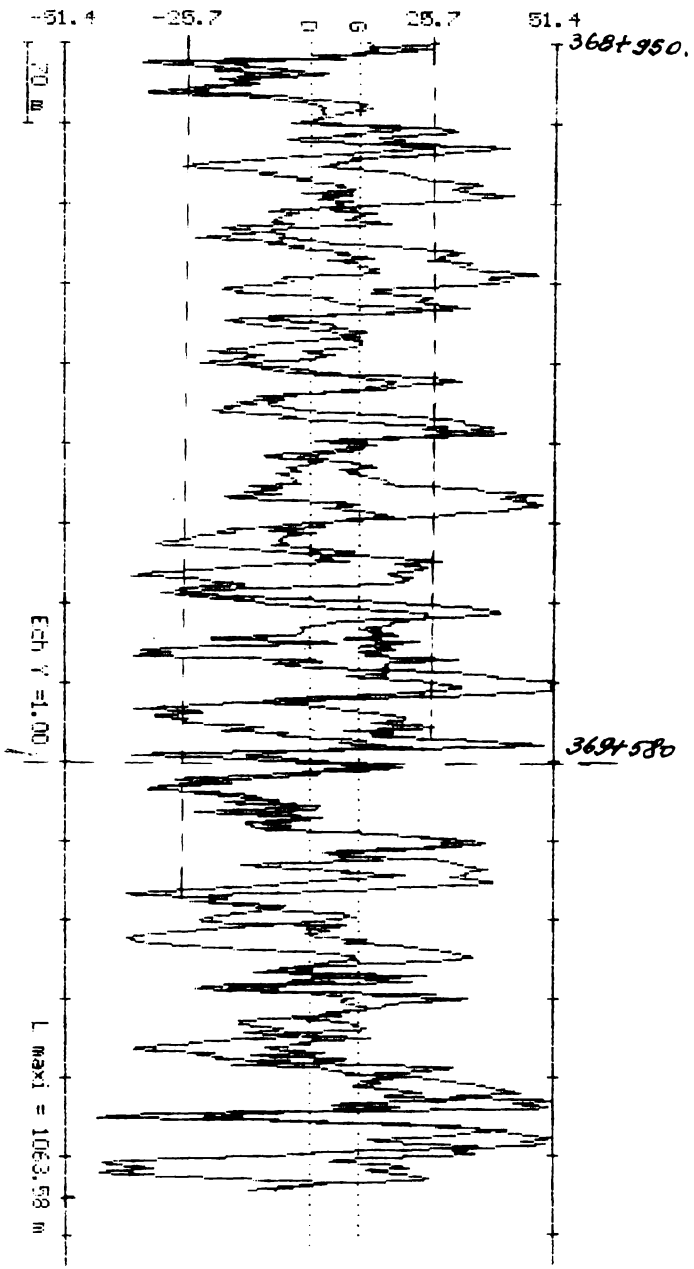


Fig. III.6.d.

## 2.2. Cuantificarea nivelului capacității portante

Cuantificarea nivelului capacității portante este necesară pentru a putea aprecia cât mai realist starea tehnică structurală.

Calculul capacității portante (reziduale, necesare și suplimentare) am făcut-o cu ajutorul programelor de calcul MEDEF și MODNEC.

### 2.2.1. Capacitatea portantă reziduală

Capacitatea portantă reziduală a structurilor rutiere de pe sectorul analizat am calculat-o cu ajutorul programului MEDEF pe baza:

- datelor cu privire la natura straturilor componente ale sistemului rutier, grosimii acestora și a valorii modului de deformație a patului ( $E_{dp}$ ) din "Documentul Sintetic de Întreținere" (fig. III.7.);

- valorilor reduse ale modulelor de deformație ale fiecărui strat din componența sistemului rutier ( $E$ ) în funcție de starea tehnică a acestuia rezultată din inspecțiile de vizualizare.

Capacitatea portantă reziduală am determinat-o pentru fiecare sector omogen definit în "Documentul Sintetic pentru Stabilirea Secțiunilor Omogene" (fig. III.8).

Metoda de calcul pe care doctorandul a folosit-o, constă în determinarea unui modul de deformație echivalent al complexului rutier, pe baza relației de echivalare bistrat (III.2.) prin echivalări succesive în funcție de numărul straturilor.

$$E'_{\text{lech}} = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi} \left( 1 - \frac{1}{n^{3,5}} \right) \arctg n \frac{h_1}{D}} \quad [\text{daN/cm}^2] \quad (\text{III.2})$$

în care:

$E'_{\text{lech}}$  este modulul de deformație echivalent pentru cele două straturi;

$E_0$  - modulul de deformație al pământului din fundație ( $E_{dp}$ ) în  $\text{daN/cm}^2$ ;

$E_1$  - modulul de deformație redus al primului strat (de jos în sus), în  $\text{daN/cm}^2$ ;

$$n = 2,5 \sqrt{\frac{E_1}{E_0}};$$

$h_1$  - grosimea primului strat, în cm.

$D$  - diametrul suprafeței de contact – pentru  $A_{13}$ :  $D = 34$  cm.

LN 6  
 Km. S.A. Km. 527.000

510	510+70	510+000						
511	511+50	510+000	R	510+000	510+000			
512	512+320	512+320	R	512+320	512+320			
513	513+020	513+005	M	513+020	513+005			
514	514+720	514+720	R	514+720	514+720			
515	515+220	515+020	R	515+220	515+020			
516	516+720	516+000	M	516+720	516+000			
517	517+810	517+810	M	517+810	517+810			
518	518+220	518+220	R	518+220	518+220			
519	519+040	519+040	R	519+040	519+040			
520	520+070	520+070	M	520+070	520+070			
521	521+600	521+600	M	521+600	521+600			
522	522+960	522+000	R	522+960	522+000			
523	523+600	523+600	M	523+600	523+600			
524	524+460	524+460	M	524+460	524+460			
525	525+020	525+020	M	525+020	525+020			
526	526+920	526+920	M	526+920	526+920			
527	527+000	527+000	M	527+000	527+000			

Notă: Vizualizarea a fost efectuată în 28.06.1996.  
 Poziția kilometrică indică începutul esanșionului.

Fig. III - Exemplu de argument sintetic de întreținere.

Pentru echivalarea a trei straturi, se folosește în continuare relația de echivalent bistrat (III.3):

$$E'_{2ech} = \frac{E'_{1ech}}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3,5}}\right) \arctg n \frac{h_2}{D}} \quad [daN/cm^2] \quad (III.3)$$

în care:

$E'_{2ech}$  este modulul de deformație echivalent a trei straturi;

$E'_{1ech}$  - modulul de deformație echivalent calculat pe baza relației (3.1);

$$n = 2,5 \sqrt{\frac{E_2}{E'_{1ech}}};$$

$E_2$  - modulul de deformație redus al celui de al doilea strat (de jos în sus);

$h_2$  - grosimea celui de al doilea strat, în cm.

$D$  - diametrul suprafeței de contact – pentru  $A_{13}$ ;  $D = 34$  cm.

Procedând identic se ajunge la ultimul sistem bistrat, obținându-se în final valoarea de calcul  $E_{ech}$  a complexului rutier din sectorul omogen reținut pentru analiză. Această valoare reprezintă capacitatea reziduală de calcul ( $E_{def}$ ).

Pentru structurile rutiere rigide, cu îmbrăcămînți din beton de ciment, în analiza efectuată am luat în considerare următorii parametri:

- durata de viață (ani) în exploatare;
- clasa de trafic (R10) în care este încadrat sectorul de drum omogen;
- starea tehnică a acestuia.

### 2.2.2. Capacitatea portantă necesară

Capacitatea portantă necesară a fost determinată de doctorand în conformitate cu prevederile din "Instrucțiunile Tehnice Departamentale pentru Dimensionarea Sistemelor Rutiere Rigide și Neregide" (92), cu ajutorul programului de calcul MONDEC, determinându-se valoarea modulului de deformație echivalent necesar ( $E_{den}$ ) pentru fiecare sector omogen, pe baza relației:

$$E_{den} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{P}{\lambda} \cdot k \cdot c \quad [daN/cm^2] \quad (III.4)$$

în care:

$E_{den}$  este modulul de deformație echivalent necesar;

$p$  - presiunea specifică exercitată asupra îmbrăcămînții de roata autovehiculului de calcul;



- $\lambda$  - deformația relativă admisibilă a îmbrăcămintei;
- $c$  - coeficient de siguranță pentru uniformitatea condițiilor de lucru ale complexului rutier;
- $k$  - coeficient care ține seama de repetarea și acțiunea dinamică a încărcărilor din trafic și anume:

$$k = 0,50 + 0,65 \log (\gamma N_{A13}) \quad (III.5)$$

în care:

- $\gamma$  este coeficient care ține seama de repetarea încărcărilor din trafic în funcție de lățimea părții carosabile;
- $N_{A13}$  - intensitatea traficului de calcul exprimată în vehicule etalon A13, la finele perioadei de 10 ani avută în vedere în calcul.

### 2.2.3. Capacitatea portantă suplimentară

Capacitatea portantă suplimentară necesară rezultă ca diferența dintre capacitatea portantă necesară și capacitatea portantă reziduală pe baza relației:

$$\Delta E = E_{den} - E_{def} \quad [\text{dan/cm}^2] \quad (III.6)$$

în care:

- $\Delta E$  este capacitatea portantă suplimentară necesară adaptării structurii rutiere existente în exploatare la solicitările traficului în perspectiva de 10 ani;
- $E_{den}$  - modulul de deformație efectiv necesar, exprimat în  $\text{daN/cm}^2$ , care evaluează capacitatea portantă necesară, determinat conform formulei III.4;
- $E_{def}$  - modulul de deformație echivalent efectiv al structurii rutiere în exploatare, exprimat în  $\text{daN/cm}^2$ , care evaluează capacitatea portantă reziduală, determinat conform formulei III.2.

Mărirea valorii  $\Delta E$  astfel obținută, a fost utilizată pentru stabilirea soluțiilor tehnice de adaptare la cerințele traficului a structurilor rutiere de pe sectorul studiat.

## 2.2.4 Starea tehnică structurală

Pe baza datelor obținute cu privire la capacitatea portantă suplimentară ( $\Delta E$ ) pentru fiecare sector omogen, starea tehnică structurală se poate cuantifica după cum urmează:

- starea tehnică structurală "BUNĂ" pe sectoarele de drum la care  $E_{def} > E_{den}$ , respectiv  $\Delta E$  este negativ;
- starea tehnică structurală "MEDIOCRĂ" pe sectoarele de drum la care  $\Delta E$  este mai mică decât  $250 \text{ daN/cm}^2$ ;
- starea tehnică structurală "REA" pe sectoarele de drum pentru care  $\Delta E$  este mai mare de  $250 \text{ daN/cm}^2$ .

Luând în considerare și datele obținute cu privire la starea tehnică a suprafeței de rulare (cap 2.1.3.) s-a putut stabili, pentru fiecare sector omogen, corelații între cele două stări tehnice.

Pentru a avea o imagine clară asupra stării tehnice a sectorului analizat, am efectuat în anul 1992 investigații cu echipamentul Dynatest 8000 FWD, care au permis evaluarea capacității portante a structurilor rutiere prin:

- interpretarea directă a măsurărilor de deformabilitate (a deflexiunilor);
- interpretarea indirectă a modulilor de elasticitate dinamică ai materialelor din fiecare strat rutier și al pământului de fundație.

Măsurătorile de deformabilitate au fost efectuate în luna iunie 1992 sub o sarcină pe roată simplă echivalentă de 50 kN.

Pentru fiecare sector omogen de drum au fost determinați următorii parametri:

- deflexiunea medie  $d_{imed}$ , corespunzătoare temperaturii de măsurare, în  $\mu\text{m}$ ;
- abaterea medie pătratică,  $\sigma$ , în  $\mu\text{m}$ ;
- deflexiunea caracteristică  $d_{icar20}$ , stabilită pe baza relației:

$$d_{icar20} = d_{imed} + t_{\alpha}\sigma \quad (\text{III.7})$$

în care:

$t_{\alpha}$  este un coeficient care depinde de probabilitatea de apariție ( $\alpha$ ) a unor valori ale deflexiunii mai mari decât deflexiunea caracteristică și de numărul de valori ( $n$ ), și anume 97,5%.

Deflexiunea caracteristică,  $d_{icar}$ , corespunzătoare temperaturii de măsurare  $\theta$  a fost transformată în valori corespunzătoare temperaturii de  $20^{\circ}\text{C}$ .

Rezultatele prelucrării statistice a deflexiunilor au fost centralizate în tabele (ex. tabelul III.9).

Studiul acestei caracteristici ( $d_{icar20}$ ), arată că la nivelul anului 1992, structura rutieră era caracterizată printr-o capacitate portantă bună pe 10,8% din suprafața investigată, mediocră pe 32,8% și rea pe 54,6% din aceasta.

În fig. III.9. am prezentat starea tehnică a structurii rutiere, atât pentru structurile rutiere care nu au suferit nici o consolidare de la punerea în funcțiune, cât și

pentru structurile rutiere care au suferit una sau mai multe consolidări în perioada de exploatare.

Tabelul III.9.

**REZULTATELE PRELUCRĂRII STATISTICE A DEFLEXIUNILOR PE DN6  
KM 473+105...552+500**

Sector omogen	$\theta$ [°C]	$d_1$			
		$d_{1med}$ [μm]	$\sigma$ [μm]	$C_v$ [%]	$d_{1car20}$ P = 97,5% [μM]
473+105-475+200	12	689	194	28	1259
475+200-477+400	12	460	73	16	697
477+400-479+200	12	522	153	29	972
479+200-483+800	12	613	153	25	1033
483+800-488+700	12	472	88	19	653
488+700-490+900	13	416	46	11	569
490+900-491+500	13	585	29	5	775
491+500-493+700	13	431	67	16	638
493+700-494+500	13	548	153	28	1130
500+500-501+700	13-18	658	173	26	1146
501+700-503+800	18-23	424	64	15	554
503+800-505+000	23	677	194	29	1145
505+000-509+400	23	482	92	19	657
509+400-511+200	23	867	197	23	1286
511+200-515+500	14-23	461	103	22	715
515+500-516+500	15	625	84	13	909
516+500-517+500	15,5	473	60	13	678
517+500-518+300	16	661	38	6	829
518+300-519+800	17	467	92	20	715
519+800-520+600	17	689	78	11	968
520+600-522+000	17	434	73	17	642
522+000-527+600	18	620	183	30	1017
527+600-530+200	18	452	136	30	763
530+200-532+000	18	580	181	31	1018
532+000-532+600	18	390	67	17	692
532+600-537+900	22	668	190	28	1039
537+900-539+900	24	519	126	24	776
539+900-541+100	24	612	317	52	1340
541+100-546+300	26	641	160	25	924
546+300-552+500	27	550	138	25	842

Calculul modulilor de elasticitate dinamică a fost efectuat pe sectoare omogene pentru îmbrăcămintea bituminoasă ( $E_1$ ), pentru materialul din stratul de bază ( $E_2$ ), pentru materialul din stratul de fundație ( $E_3$ ) și pentru pământul de fundație ( $E_4$ ).

Pentru fiecare sector omogen au fost determinați următorii parametri:

- modulul de elasticitate mediu,  $E_{med}$ , corespunzător temperaturii de măsurare, în MPa;
- abaterea medie pătratică,  $\sigma$ , în MPa;
- coeficientul de variație  $C_v$ , în %;
- modulul caracteristic,  $E_{car}$ , determinat cu relația:

$$E_{car20} = E_{med} - t_{\alpha}\sigma \quad [daN/cm^2] \quad (III.8)$$

în care:

$t_{\alpha}$  este un coeficient care depinde de probabilitatea de apariție ( $\alpha$ ) a unor valori ale modulului mai mari decât modulul caracteristic și de numărul de valori ( $n$ ), și anume 85%.

Prelucrarea statistică și interpretarea modurilor de elasticitate dinamică a straturilor rutiere și a pământului de fundație s-au efectuat cu ajutorul programului ELMOD și sunt centralizate în tabele (ex. tabelul III.10).

*Tabelul III.10.*

**REZULTATELE PRELUCRĂRII STATISTICE ALE MODULILOR DE ELASTICITATE DINAMICI PE DN6 km. 473+105..505+500 (exemplu)**

Sector km...km	$\theta$ [°C]	Indicatori statistici															
		$E_{med}$ MPa	$\sigma$ MPa	$C_v$ %	$E_{1car}$ MPa	$E_{2med}$ MPa	$\sigma$ MPa	$C_v$ %	$E_{2car}$ MPa	$E_{3med}$ MPa	$\sigma$ MPa	$C_v$ %	$E_{3car}$ MPa	$E_{4med}$ MPa	$\sigma$ MPa	$C_v$ %	$E_{4car}$ MPa
473+105-475+200	12	4664	-	-	4664	398	163	41	213	236	92	39	132	92	29	32	59
475+200-477+400	12	4664	-	-	4664	649	130	20	503	387	78	20	299	125	31	25	89
477+400-479+200	12	4664	-	-	4664	536	216	40	289	319	129	40	172	120	44	37	70
479+200-483+800	12	4664	-	-	4664	388	113	29	264	237	72	30	158	110	36	33	71
483+800-488+700	12	4742	946	20	3710	514	192	37	305	320	131	41	177	120	22	18	96
488+700-490+900	13	7019	1779	25	5003	453	96	21	344	266	59	22	199	118	17	14	99
490+900-491+500	13	2197	584	27	1335	384	65	17	288	228	39	17	171	112	36	32	59
491+500-493+700	13	6344	2418	38	3604	438	151	34	267	261	90	34	159	122	22	18	97
493+700-494+500	13	3990	2193	55	1122	361	152	42	162	215	91	42	96	122	31	25	81
494+500-501+700	13 18	2571	1524	59	686	656	115	18	518	391	69	18	308	85	23	27	58
501+700-503+800	18 23	4328	2595	60	1388	733	95	13	625	501	144	29	338	121	13	11	106
503+800-505+000	23	2220	726	33	1322	754	98	13	633	562	259	46	242	103	31	30	65

Din tabelul III.10 rezultă că valorile medii ale modurilor de elasticitate dinamici rezultați din prelucrarea statistică sunt următorii:

- 871...7019 MPa pentru îmbrăcămintea bituminoasă;
- 162...633 MPa pentru stratul de bază (macadam);
- 96...355 MPa pentru stratul de fundație executat din balast;
- 46...106 MPa pentru pământul de fundație.

Concluziile care se desprind în urma investigațiilor nedistructive efectuate cu deflectometrul Dynatest 8000 FWD pe sectorul studiat de doctorand sunt următoarele:

- valorile deflexiunilor atestă o capacitate portantă REA a structurii rutiere pentru 56,4% din suprafața investigată, mediocră pe 32,8% și bună pe 10,8% din aceasta;
- studiul modurilor de elasticitate dinamică ai materialelor din straturile rutiere și ai pământului de fundație atestă calitatea în general necorespunzătoare a acestora.

Starea tehnică a sectoarelor care au fost consolidate

Starea tehnică a sectoarelor cu starea inițială neconsolidată

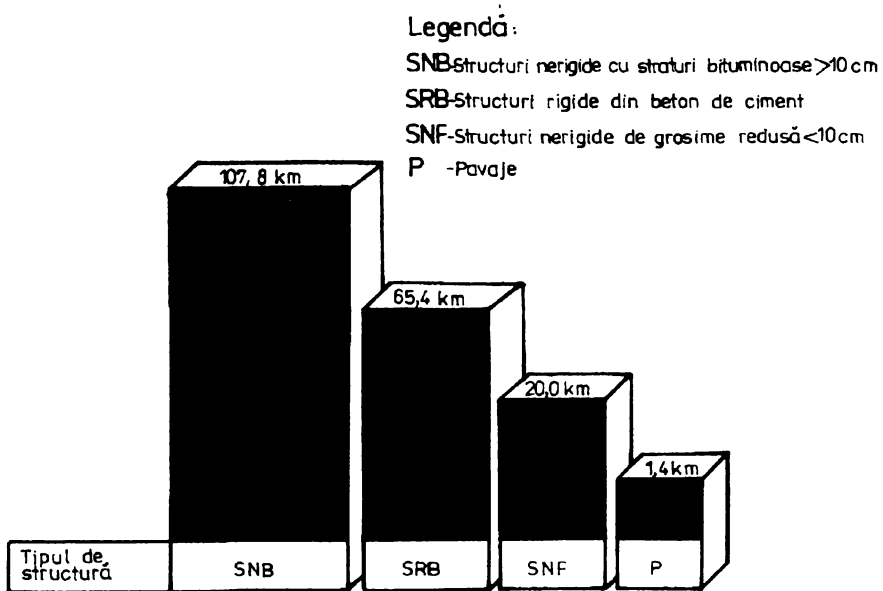
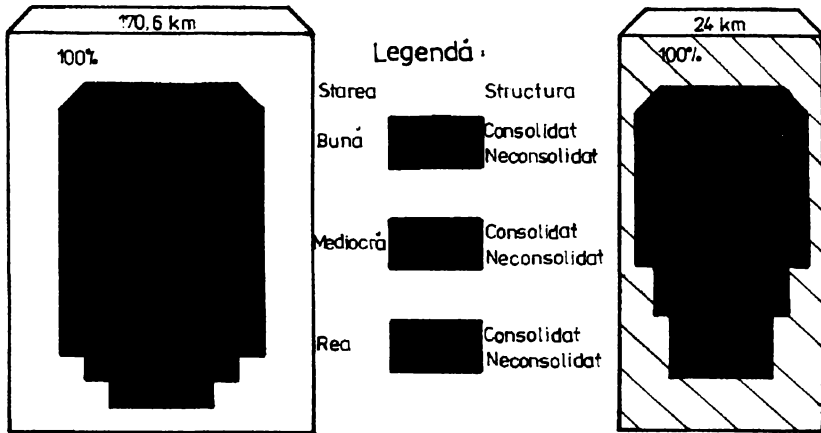


Fig. III.9. Starea tehnică a DN6 pe total și tipuri de structuri.

## 2.2.5. Capacitatea portantă a podurilor

Prima etapă în stabilirea capacității portante reziduale a unui pod constă în analiza defectelor produse de trafic sau de agenții externi. Această analiză are scopul de a stabili ipotezele cele mai dezavantajoase pe baza cărora se calculează capacitatea portantă la un moment dat.

Reducerea capacității portante prin aportul defectelor, produse de trafic și/sau timp (agenți externi), presupune două aspecte principale:

- reducerea secțiunii de beton și armătură și luarea în calcul a dimensiunilor reale ale elementelor structurii;

- degradarea caracteristicilor mecanice ale materialelor și luarea în calcul a rezistențelor reale ale betonului și armăturii, a modulului de elasticitate a betonului.

Conform condiției de verificare a unui pod, capacitatea portantă minimă trebuie să fie mai mare sau egală cu solicitarea maximă din acțiuni aplicată structurii. Ca urmare, la un moment dat, capacitatea portantă, deci cea redusă, trebuie comparată cu solicitarea maximă din traficul actual.

Posibilitatea de determinare a unor date utilizabile în calculul capacității portante reduse este dată de revizii. Prin revizia unui pod se pot identifica și interpreta defectele, iar acelea care reduc capacitatea portantă și sunt cuantificabile prin parametrii, pot fi măsurate.

În urma reviziilor tehnice, prin examinare vizuală a structurii se identifică defectele și cauzele care le determină.

Datele cele mai concludente pentru stabilirea prin calcul a capacității portante a unui pod, sunt cele obținute în urma unor încercări prin metode nedistructive.

În perioada mai-iunie 1997, doctorandul împreună cu specialiști din cadrul CESTRIN București, a efectuat revizii pe teren la 35 de poduri de pe DN6 pe sectorul Armeniș - Timișoara (km 426+142...540+189). Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul III.11.

*Tabelul III.11.*

### CENTRALIZATOR CU PODURILE VERIFICATE PE DN6

Nr. crt.	Poziția kilometrică	Localitatea cea mai apropiată	Structura de rezistență
1.	426+142	Armeniș	Boltă încastrată + dală goluri monolitiz. elem. pref.
2.	426+537	Armeniș	Grindă simplu rezemată
3.	425+371	Armeniș	Dală simplu rezemată
4.	428+198	Armeniș	Boltă încastrată
5.	431+844	Sadova	Boltă încastrată
6.	434+366	Slatina Timiș	Dală simplu rezemată
7.	438+594	Buchin	Dală simplu rezemată
8.	442+781	Buchin	Dală simplu rezemată
9.	445+355	Buchin	Grindă simplu rezemată
10.	450+643	Caransebeș	Dală simplu rezemată
11.	452+246	Caransebeș	Dală simplu rezemată
12.	452+982	Caransebeș	Grindă simplu rezemată

Nr. crt.	Poziția kilometrică	Localitatea cea mai apropiată	Structura de rezistență
13.	454+897	Caransebeș	Dală cu goluri prin monolitiz. element prefabricate.
14.	454+996	Caransebeș	Grindă simplu rezemată
15.	462+502	Daicoviciu	Dală cu goluri monolitiz. elem. pref.+dală simpl. rez.
16.	466+038	Daicoviciu	Dală cu goluri prin monolitiz. element prefabricate.
17.	472+307	Jena	Grindă simplu rezemată + dală simplu rezemată
18.	479+661	Jena	Dală simplu rezemată
19.	484+268	Jena	Dală cu goluri prin monolitiz. element prefabricate.
20.	487+591	Jena	Dală cu goluri prin monolitiz. element prefabricate.
21.	504+674	Coșteiu	Grindă cu console
22.	514+061	Chizătău	Dală simplu rezemată
23.	514+614	Chizătău	Grindă simplu rezemată
24.	514+996	Chizătău	Dală simplu rezemată
25.	520+694	Iosifalău	Grindă simplu rezemată + dală simplu rezemată
26.	525+285	Suștra	Dală simplu rezemată
27.	527+628	Suștra	Grindă simplu rezemată + dală simplu rezemată
28.	531+481	Recaș	Dală simplu rezemată
29.	534+409	Recaș	Dală simplu rezemată
30.	540+189	Izvin	Grindă simplu rezemată

În urma analizelor făcute de doctorand rezultă că majoritatea podurilor de pe DN6 sunt construite în perioada anilor 1950 la clasa de încărcare I. În perioada anilor 1960...1970 s-au construit structuri noi, la clasa E conform noilor reglementări (fig. III.10.).

Structurile vechi sunt poduri monolite, pe grinzi sau boltite, proiectate la clasa de încărcare I. Structurile noi sunt poduri din elemente prefabricate, grinzi T sau dale cu goluri prin monolitizarea elementelor prefabricate, proiectate la clasa E de încărcare.

În urma studiului făcut de doctorand s-a constatat că 20% (7 buc.) din podurile vechi construite în jurul anului 1950 au fost lărgite (fig. III.10)

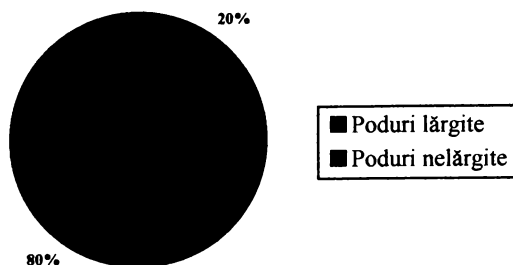


Fig. III.10. Ponderea podurilor lărgite.

În cazul acestor poduri, nefiind creată consolidarea lor la clasa tehnică E, la stabilirea stării tehnice, indicele  $F_2$  s-a depunctat cu 6...9 puncte. De asemenea, necunoscându-se istoricul lucrărilor de lărgire (data, lucrări proiectate, lucrări

executate etc.) indicele  $F_2$  s-a depunctat conform anului de construcție și nu al anului în care s-a efectuat lărgirea (tabelul III.12).

Tabelul III.12.

TABEL CENTRALIZATOR CU STAREA TEHNICĂ A PODURILOR VERIFICATE

Nr. crt.	Poziția kilometrică	C1	C2	C3	C4	C5	Ci	F1	F2	F3	F4	F5	Fi	Ist	Clasa stării tehnice
1.	426+142	3	5	5	6	6	25	4	10	5	6	7	32	57	III-Satisf.
2.	426+537	3	3	3	4	2	15	10	10	5	7	7	39	54	III-Satisf.
3.	425+371	3	10	10	10	4	37	4	1	4	10	7	26	63	II-Bună
4.	428+198	1	5	1	10	6	23	10	1	4	10	1	26	49	III-Satisf.
5.	431+844	3	3	3	5	6	20	10	1	4	10	1	26	46	III-Satisf.
6.	434+366	4	10	5	10	4	32	4	1	4	6	3	18	50	III-Satisf.
7.	438+594	4	4	6	6	6	26	10	1	5	10	5	31	57	III-Satisf.
8.	442+781	4	10	10	4	4	32	10	1	4	8	3	26	58	III-Satisf.
9.	445+355	2	3	10	10	2	27	10	10	5	5	7	37	64	II-Bună
10.	450+643	1	3	5	4	4	17	4	1	4	2	1	12	29	IV-Nesatisf.
11.	452+246	5	10	7	6	5	33	10	1	4	7	7	29	62	II-Bună
12.	452+982	3	3	2	4	4	16	10	10	5	2	1	28	44	III-Satisf.
13.	454+897	3	3	3	10	4	23	3	10	5	2	6	26	49	III-Satisf.
14.	454+996	3	5	5	10	4	27	3	10	5	5	5	28	55	III-Satisf.
15.	462+502	4	10	5	6	6	31	10	1	1	6	7	25	56	III-Satisf.
16.	466+038	3	3	5	6	5	22	10	10	5	3	3	30	52	III-Satisf.
17.	472+307	4	2	3	6	4	19	10	1	4	6	5	26	45	III-Satisf.
18.	479+661	6	10	6	6	4	32	10	1	4	10	7	32	64	II-Bună
19.	484+268	2	3	2	6	6	19	10	10	3	5	3	31	50	III-Satisf.
20.	487+591	3	10	5	4	10	32	10	1	1	5	5	22	54	III-Satisf.
21.	504+674	2	3	8	6	4	23	10	1	5	6	3	25	48	III-Satisf.
22.	514+061	5	2	6	6	4	23	10	1	5	2	1	19	42	III-Satisf.
23.	514+614	3	3	3	4	2	15	10	10	5	6	1	32	44	III-Satisf.
24.	514+996	5	4	4	6	3	24	10	1	5	5	4	25	49	III-Satisf.
25.	520+694	2	3	6	6	4	21	4	1	5	9	3	22	43	III-Satisf.
26.	525+285	4	2	8	10	4	28	10	1	5	5	3	24	52	III-Satisf.
27.	527+628	3	10	10	6	6	35	10	1	5	6	5	27	62	II-Bună
28.	531+481	2	10	3	4	4	23	10	1	4	5	3	23	46	III-Satisf.
29.	534+409	5	5	5	4	4	23	10	1	4	10	3	28	51	III-Satisf.
30.	540+189	4	5	5	6	4	24	4	1	4	5	7	21	45	III-Satisf.

Legendă: C = indice de calitate;  
F = indice de funcționalitate.

Pornind de la această premisă, vârsta podurilor examinate de doctorand este prezentată în fig. III.11.

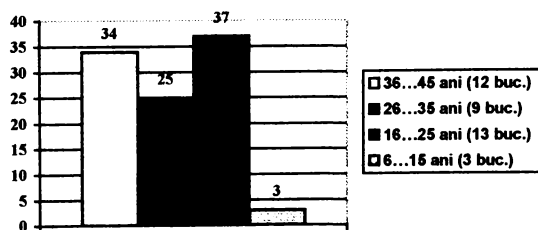


Fig. III.11. Vârsta podurilor de pe DN6 [%].



Situația podurilor funcție de materialele folosite și luând în considerare lucrările de lărgire a lor este prezentată în fig. III.12.

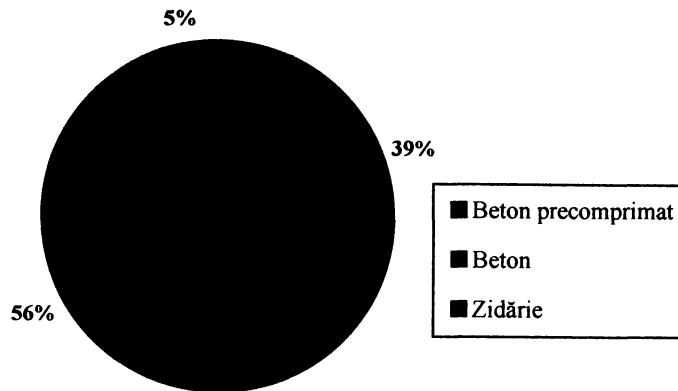


Fig. III.12. Materiale folosite la construcția podurilor pe DN6.

### Concluzii

În urma analizei și studiului efectuat de doctorand, referitor la capacitatea portantă a podurilor din lotul verificat, împreună cu specialiștii de la CESTRIN București, se conturează următoarele concluzii:

- existența defectelor de execuție a elementelor prefabricate sau de punere în operă a betonului monolit:

- agregate mari la suprafață;
- armături fără strat de acoperire sau cu un strat de acoperire insuficient;
- beton segregat, cuiburi de pietriș, aspect macroporos;

Aceste defecte, unele necuantificabile, conduc la concluzia că nu au fost realizate caracteristicile de calcul ale betonului, datorită greșelilor în execuție (beton necompactat, grad de acoperire insuficient etc).

- solidarizarea necorespunzătoare a elementelor prefabricate (elemente prefabricate cu goluri, tronsoane de grinzi T) care în timp au condus la fisurarea prin forfecare a straturilor căii, în special a hidroizolației, creând astfel condițiile producerii infiltrațiilor;

- starea necorespunzătoare a hidroizolațiilor (la cale și trotuare), având ca efect infiltrații mari de apă în suprastructură, s-a constatat atât în cadrul hidroizolațiilor vechi, îmbătrânite, dar și în unele cazuri în care hidroizolațiile au fost realizate în anii 1994...1995.

Infiltrațiile, ca fenomen în timp, produc degradări din ce în ce mai importante ale betonului armat: stalactite și draperii, carbonatarea și exfolierea betonului și coroziunea armăturilor. O lucrare aparent neimportantă, refacerea hidroizolației, este cauza principală a reducerii secțiunii de beton și armătură.

- interacțiunea unor defecte: infiltrații, fisuri, crăpături, coroziune masivă atât a betonului cât și a armăturii, întâlnită la câteva poduri, cel mai afectat fiind podul de la km 450+643 din Caransebeș;

- existența unor importante și avansate defecțiuni la elementele infrastructurilor. Este vorba de starea riglelor și pilelor, care, în special pe fețele înclinate prezintă zone de beton exfoliat și crăpături importante (podul de la km 484+268 peste râul Sudriaș) și armături corodate. În multe cazuri aceste defecte au drept cauză punerea necorespunzătoare în operă a betonului. Dezvoltarea lor în timp a fost însă favorizată de starea proastă a rosturilor de dilatație ale suprastructurii care au permis infiltrațiile.

- starea tehnică a podurilor analizate pe întreg sectorul (68 buc.) este prezentată în fig. III.13.



Fig. III.13. Starea tehnică a podurilor de pe DN6.

Această clasificare se bazează pe reviziile efectuate de doctorand împreună cu specialiștii de la CESTRIN București, autorii neputând folosi și alte metode de investigare, datorită lipsei de aparatură necesară.

În urma studiilor efectuate și urmare a experienței de peste 20 ani în întreținerea drumurilor și podurilor, doctorandul apreciază ca foarte importantă activitatea de întreținere a podurilor, însă ea trebuie susținută de o investigație corespunzătoare, efectuată cu aparatură și după metode de ultimă oră (ultrasunete, aparate cu raze laser etc.).

### 2.3. Concluzii și propuneri

Urmarea studiului efectuat privind cuantificarea nivelului de degradare a rețelei studiate, doctorandul a ajuns la următoarele concluzii:

- volumul relativ mare de lucrări de întreținere curentă executate în decursul anilor (fig. II.17) nu a putut suplini lipsa fondurilor financiare necesare ranforsării acestui sector.

Starea tehnică nesatisfăcătoare a drumului național nr. 6 se datorează faptului că nu au fost executate periodic lucrări de consolidare de la punerea lui în funcțiune și până în prezent, cu toate că 127,6 km (66 % din lungimea sectorului studiat) au durată de exploatare mai mare de 15 ani.

- în prezent sunt în exploatare 24 km de drum cu structuri rutiere semirigide flexibile (S.N.P.) care au straturi asfaltice de grosime redusă (4..6 cm), așezate pe straturi granulare (piatră spartă și balast), insuficient adaptate traficului greu.

- suprafața de rulare este necorespunzătoare pe 83 % din lungimea sectorului, fiind caracterizată ca "MEDIOCRĂ" și "REA", iar planeitatea pe sectoarele măsurate este necorespunzătoare, 61,3 % din valorile IRI rezultate fiind încadrate în clasele [3,4] și [4,5].

- referitor la poduri, menționez faptul că din totalul de 68 buc. poduri existente, 23 buc. poduri sunt de clasa tehnică III, având o stare tehnică satisfăcătoare, iar un pod este în clasa tehnică IV, având o stare tehnică nesatisfăcătoare.

- starea tehnică definită în capitolul III: "BUNA", "MEDIOCRĂ", "REA", permite efectuarea unei analize de amănunt privind programarea și etapizarea lucrărilor de reabilitare și estimarea costurilor de exploatare a autovehiculelor care circulă pe acest sector.

- drumul național nr. 6 este într-o situație critică și numai intervenția rapidă prin lucrări de reabilitare a acestuia, poate evita degradarea mai accentuată în viitorul apropiat și pierderile foarte mari determinate de reconstrucția integrală a unor sectoare.

## **2.4. Sectoare periculoase pentru capacitatea de trafic**

Analiza sectoarelor "negre" de pe rețeaua de drumuri este necesară specialiștilor în domeniu pentru, a putea determina locațiile (segmente de drum sau puncte nesigure) cu frecvență mare de accidente, rata de producere a accidentelor și evaluarea impactului acestora asupra economiei unei țări.

### **2.4.1. Inventarierea și analiza accidentelor**

Inventarierea constă în gruparea accidentelor și a informațiilor legate de acestea după localizarea lor, și anume:

- după secțiunea de drum, ce poate fi cuprinsă între 15 m și 16 km;
- după un punct singular, care poate fi: intersecții, poduri, blocuri de locuințe etc.

Pentru a putea face o corelare între cauzele accidentului și proiectarea drumului sau/și pentru a face o evaluare a efectelor măsurilor de siguranță, informațiile despre accidente trebuie să cuprindă pe lângă localizarea lor și următoarele date:

- tipul îmbrăcămintei rutiere și starea ei;
- existența separării fizice între sensurile de circulație, a procedeeleor de control a traficului și a marcajelor rutiere;
- tipul încadrării părții carosabile (borduri, acostamente amenajate sau naturale etc.);
- utilizarea terenului adiacent.

Sistemele de date accidentologice sunt constituite de obicei în diverse tipuri de rapoarte de accident și implică stocarea datelor în forme standardizate.

Informația este în mod normal interpretată, codificată și după aceea stocată pe benzi sau discuri magnetice. Sistemele computerizate permit o clasificare rapidă a datelor, cum ar fi:

- listarea periodică a accidentelor după o locație specificată;
- listarea punctelor cu accidente periodice;
- clasificarea detaliată a datelor pentru pregătirea diagramelor de coliziune după poziția specifică;
- rezumate speciale pentru raportarea frecvenței sau ratelor accidentelor la condițiile drumului (elementele geometrice, tipul îmbrăcăminte, starea îmbrăcăminte, condițiile climaterice la care este supus drumul sau alți factori favorizanți de accidente).

Analiza accidentelor este necesară pentru a elabora soluții sau măsuri care să îmbunătățească siguranța circulației și pentru identificarea tendințelor accidentologice și a consecințelor lor (gravitatea rănilor, zile de imobilizări, costuri sociale etc.).

Analiza datelor despre accidente se face la nivel național și internațional pentru a se putea compara între ele performanțele privind: siguranța circulației, caracteristicile structurilor rutiere, fiabilitatea vehiculelor, calitatea și pregătirea șoferilor.

Tehnicile de analiză sunt diferite, depinzând mai puțin de dezvoltarea relațiilor statistice și mai mult de o înțelegere a traficului și a condițiilor ambientale în care se desfășoară traficul și care pot fi legate de cauzele ce duc la producerea accidentelor.

#### 2.4.2. Determinarea ratei de producere a accidentelor

Determinarea ratei de producere a accidentelor este necesară pentru a stabili locațiile, similare ca proiectare, funcționalitate și trafic, cu cel mai mare număr de accidente.

Rata accidentelor este considerată ca fiind măsura riscului de producere a accidentelor și se exprima în accidente raportate la "milion vehicule-mile" (MVM) în cazul locației segmentelor de drum și în accidente raportate la "milion de intrări vehicule" (MEV) în cazul locației de tipul punctului singular.

Pentru determinarea ratei de producere a accidentelor se are în vedere valoarea pagubelor materiale, numărul de morți, numărul de accidente fatale și numărul de accidente soldate cu răniri.

Formulele de calcul a ratei accidentelor sunt următoarele:

- *pentru intersecții (locații de tipul punctului singular):*

$$R.A.I. = \frac{Nr.A \times 10^6}{I.A.T.P.} \quad [MEV] \quad (III.9)$$

unde:

- R.A.I. este rata accidentelor la un milion de vehicule intrate în punct (MEV);
  - Nr.A. - numărul anual de accidente din punct;
  - I.A.T.P. - intrări anuale de trafic în punct.
- pentru segmente de drum:

$$R.S. = \frac{Nr.A \times 10^6}{Veh.km} \quad [MVK] \quad (III.10)$$

unde:

- RS este rata accidentelor la un milion vehicule-km parcurs (MVK);
- Veh.km - vehicul-km parcurs anual și se determină cu relația:

$$Veh.km = M.Z.A. \times L \times 365 \quad (III.11)$$

unde:

- M.Z.A. este media zilnică anuală;
- L = lungimea segmentului;
- 365 = numărul de zile din an.

Se poate determina și rata pentru adaptarea gravității accidentelor, denumită "calculul echivalent al pagubelor" (EPDO) și exprimă costurile estimative ale pagubelor materiale, ale rănilor sau ale accidentelor fatale.

Relația de calcul este:

$$EPDO = PDO + (INJ \times F1) + (FAT \times F2) \quad (III.12)$$

unde:

- EPDO este valoarea echivalentă a pagubelor;
- PDO - reprezintă costul accidentelor cu pagube materiale;
- INJ - numărul accidentelor cu răni;

$$- F1 - \text{costul accidentelor cu răni/PDO} \quad (III.13)$$

- FAT - numărul accidentelor fatale

$$- F2 - \text{costul accidentelor fatale/PDO} \quad (III.14)$$

### 2.4.3. Identificarea și analiza sectoarelor periculoase

În urma studiilor și analizelor efectuate, doctorandul, împreună cu specialiști din cadrul INCERTRANS București, a ajuns la concluzia ca în perioada 1994...1995 s-au produs, pe sectorul analizat de autor, 198 de accidente după cum urmează:

- 86 accidente în 1994 soldate cu 25 decedați și 87 răniți;
- 112 accidente în 1995 soldate cu 39 decedați și 116 răniți.

Tabelul III.13.

#### REPARTIȚIA ACCIDENTELOR DE CIRCULAȚIE PE LUNI ȘI SĂPTĂMÂNI

		1994					1995				
		Număr de accidente soldate cu:					Număr de accidente soldate cu:				
		Morți	Răniți	Morți + Răniți	Cumulat	Pietoni implicați	Morți	Răniți	Morți + Răniți	Cumulat	Pietoni implicați
L U N I	Ianuarie	1	1	1	3	1	1	6	-	7	-
	Februarie	1	6	1	8	2	1	4	-	5	2
	Martie	-	3	-	3	1	3	5	1	9	4
	Aprilie	1	4	-	5	1	1	4	1	7	-
	Mai	2	7	-	9	1	2	5	-	6	2
	Iunie	1	8	-	9	2	1	4	-	5	-
	Iulie	3	13	1	17	5	2	5	-	7	1
	August	1	5	-	6	2	1	12	2	15	4
	Septembrie	-	5	1	6	1	3	11	3	17	5
	Octombrie	2	3	1	6	2	1	9	1	11	3
	Noiembrie	2	3	-	5	3	2	5	2	9	2
Decembrie	3	5	1	9	-	2	10	2	14	2	
	<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>63</b>	<b>6</b>	<b>86</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	<b>12</b>	<b>112</b>	<b>25</b>
Z I L E	Luni	2	9	1	12	3	-	9	2	11	5
	Marti	2	11	2	15	1	2	12	2	16	5
	Miercuri	2	10	2	14	4	2	6	1	9	3
	Joi	2	11	-	13	3	2	18	-	20	3
	Vineri	3	9	1	13	2	4	7	4	15	3
	Sâmbătă	2	9	-	11	6	4	15	2	21	1
	Duminică	4	4	-	8	2	6	13	1	20	5
	<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>63</b>	<b>6</b>	<b>86</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	<b>12</b>	<b>112</b>	<b>25</b>

Se observa o creștere cu 35% a numărului accidentelor soldate cu decedați și răniți în anul 1995 față de 1994.

Repartiția accidentelor și a consecințelor pe lunile anului și zilele din săptămână, pentru anii 1994...1995 sunt prezentate în tabelul III.13 și figura III.14.(a, b, c, d).

Se observă că în anul 1994 cele mai multe accidente s-au produs în luna iulie (17 accidente), iar în anul 1995 în luna septembrie (17 accidente). Referitor la ziua săptămânii, în anul 1994 cele mai multe accidente s-au produs în ziua de marți (15 accidente), iar în anul 1995 în ziua de sâmbătă (21 accidente).

Concluzia care se desprinde din această prezentare este aceea că repartiția accidentelor pe zilele săptămânii și lunile anului este absolut aleatorie.

După ce accidentele au fost identificate, cu ajutorul programelor de calcul (fig. III.15.), se trece la prelucrarea lor și anume:

- identificarea locațiilor cu risc de accident (faza I);
- identificarea circumstanțelor critice ale producerii accidentelor (faza II);
- analiza măsurilor și stabilirea priorităților pentru îmbunătățiri aduse locațiilor (faza III);
- program de monitorizare (faza VI).

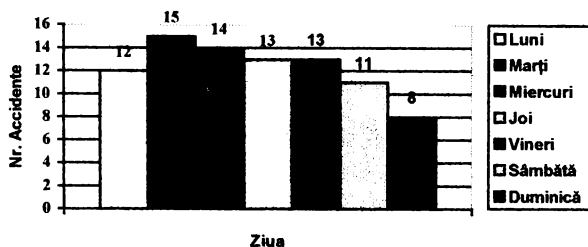


Fig. III.14.a. Repartiția accidentelor după ziua săptămânii, în anul 1994.

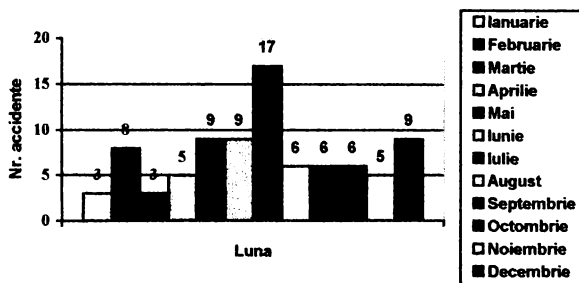


Fig. III.14.b. Repartiția accidentelor pe luni, în anul 1994.

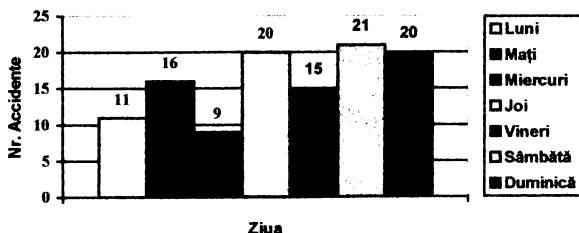


Fig. III.14.c. Repartiția accidentelor după ziua săptămânii, în anul 1995.

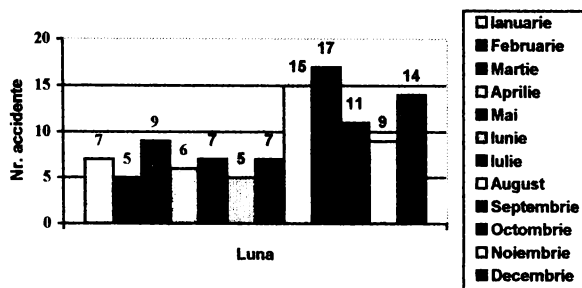


Fig. III.14.d. Repartiția accidentelor pe luni, în anul 1995.

Locațiile (segmente de drum sau puncte singulare) cu lungime de până la 1000m, pe al căror parcurs s-au produs minim trei accidente soldate cu decedați și/sau răniți grav în perioada de doi ani, constituie "puncte negre" pentru circulația rutieră.

Urmare criteriilor prezentate și studiilor efectuate de doctorand împreună cu specialiști din cadrul INCERTRANS București am identificat, pe sectorul studiat, un număr de 32 puncte negre, în care s-au produs 133 accidente (64 în localități și 69 în afara localităților) în perioada 1994...1995, ceea ce reprezintă 66% din totalul accidentelor produse pe acest sector (tabelul III.14).

Pentru analiza accidentelor produse în punctele negre, autorul a selectat următoarele categorii de date:

- datele accidentului, care cuprind informații referitoare la:

- poziția kilometrică;
- ziua, luna și anul producerii accidentului;
- participanții la trafic implicați;
- consecințe;
- cauzele (presupuse) care au condus la producerea accidentelor, menționate în rapoartele Poliției Rutiere.

- date referitoare la caracteristicile geometrice ale drumului;

- alte date identificate în cadrul analizei pe teren și care nu sunt incluse în celelalte două categorii menționate mai sus (referitoare la accident și caracteristicile geometrice ale drumului).

Datele sunt prezentate în tabele, care le-am întocmit pentru fiecare punct negru în parte (ex. tabelul III.15.).



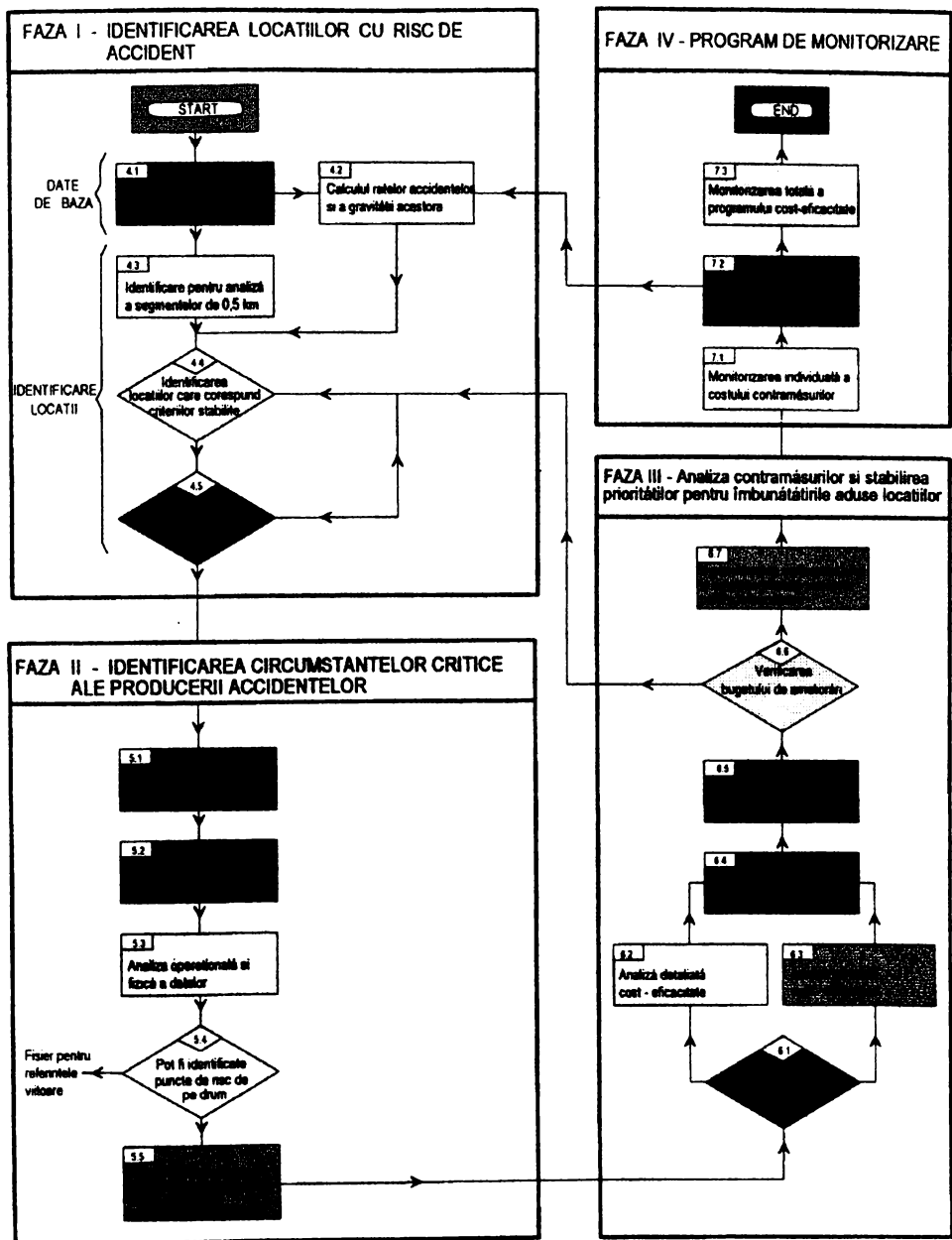


Fig. III.15. Prelucrarea automată a accidentelor.

## PUNCTE NEGRE IDENTIFICATE PE DN6

Punct negru nr.	Poziție kilometrică	Date specifice
1	359+100...359+900	- parapet rigid stânga; - succesiune de curbe; - aliniament între curbe.
2	362+800...359+700	- două intersecții neamenajate; - activitate socio-economică de nivel mediu (inclusiv gara Orșova); - lipsă treceri pietoni.
3	371+200...371+900	- în afara localității; - aliniament; - o parcare.
4	386+200...386+650	- în localitate; - intersecție neamenajată; - localizare trecere de pietoni - de analizat.
5	406+200...407+200	- succesiune de curbe; - depășire interzisă; - intersecție neamenajată.
6	409+100...410+100	- succesiune de curbe cu aliniament; - în localitate.
7	411+500...412+300	- succesiune de curbe periculoase în rampă; - depășire interzisă.
8	420+000...421+000	- succesiune de curbe; - la km 421+000 - podeț în curbă și vizibilitate scăzută (100 m); - o intersecție.
9	431+100...432+000	- intersecție neamenajată cu drum comunal; - succesiune de curbe periculoase cu aliniament; - accident soldat cu un decedat și un grav rănit, în aliniament, înainte de curba cu R = 120 m.
10	434+700...435+400	- succesiune de curbe periculoase; - intersecție cu drum secundar proiectată nesatisfăcător, care împreună cu vegetația din zonă duce la confuzii privind traseul drumului principal.
11	438+150...438+750	- succesiune de curbe periculoase cu aliniament; - depășire interzisă (marcaj linie continuă) pe aliniamentul situat între curbe.
12	440+100...440+300	- aliniament; - intersecție neamenajată; - se remarcă tractoare agricole și căruțe în trafic.
13	442+550...443+300	- la km 443, pe partea stângă - tufiș care duce la micșorarea vizibilității.
14	446+100...452+300	- aliniament în localitate; - activitate socio-economică medie.
15	447+600...448+500	- intersecție neamenajată în localitate.
16	449+100...449+100	- aliniament în afara localității.
17	452+100...452+300	- în localitate; - stația autobuz; - podeț; - intersecții cu drumuri locale.
18	453+200...454+200	- intersecții semaforizate și nesemaforizate în localitate (Caransebeș).

Punct negru nr.	Poziție kilometrică	Date specifice
19	454+900...455+900	- pasaj denivelat; - intersecție DN6 cu DN58 între pasaj și curbă.
20	456+100...457+100	- drumul principal prezintă patru benzi; - activitate socio-economică între mediu și ridicat, unități economice, stație PECO șantiere, depozite; - sector de drum în aliniament; - nu există treceri pentru pietoni; - autocamioane staționate pe banda nr. 1; - intersecții neamenajate (drumuri de acces); - intersecție cu drum secundar în zona de tranziție de la sectorul cu patru benzi la cel cu două benzi.
21	458+800...459+300	- aliniament în afara localității; - copaci pe marginea drumului.
22	460+100...460+778	- localitate (Jupa); - intersecție neamenajată; - nu există treceri pentru pietoni; - accident soldat cu un decedat plus un grav rănit, în aliniament, la limita localității.
23	461+400...462+180	- aliniament în afara localității; - intersecție cu drum lateral, neamenajată, vizibilitate foarte redusă datorită copacilor situați chiar în apropierea intersecției.
24	464+900...465+900	- curbă plus aliniamente; - intersecție neamenajată cu drum lateral.
25	485+100...485+900	- intersecție neamenajată; - sector de drum în aliniament; - copaci plantați în apropierea părții carosabile.
26	490+700...491+630	- intersecție neamenajată; - sector de drum în aliniament.
27	502+600...503+500	- sector de drum aflat în localitate; - intersecție neamenajată; - lipsă trecere de pietoni în apropierea intersecției; - prezență bicicliști în trafic; - autovehicule transport marfă parcate pe acostament; - două accidente s-au produs la limita localității.
28	516+300...516+900	- sector de drum aflat în aliniament situat în afara localității.
29	522+750...523+600	- sector de drum aflat în localitate; - activitate socio-economică relativ ridicată; - trecere pietoni lipsă marcaj, situată la ieșirea din curbă și în apropierea unei școli; - indicator deteriorat pe drumul local la intersecția cu drumul principal.
30	524+400...524+900	- sector de drum aflat în aliniament la intrarea în localitate; - prezență podeț; - profil transversal - rambleu; - obstacole laterale - copaci.
31	529+600...530+400	- aliniament în pantă și rampă, aflat între curbe cu raze de peste 1500 m; - depășire interzisă pe o porțiune de lungime mai mare pe sensul doi de circulație.

Punct negru nr.	Poziție kilometrică	Date specifice
32	532+500...533+200	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sector de drum aflat în localitate (Recaș);</li> <li>- zonă cu activitate socio-economică relativ ridicată;</li> <li>- peste cinci intersecții neamenajate, cu drumuri locale;</li> <li>- lipsă vizibilitate în curbă datorită unei construcții (casă);</li> <li>- intersecție cu drum secundar, neamenajată, poziționată necorespunzător;</li> <li>- trei indicatoare de orientare situate în același punct, chiar în intersecție și în curbă foarte periculoasă, pe sensul nr. 2;</li> <li>- pe sensul nr. 1, indicator mascat de vegetație;</li> <li>- pe parapet dreapta, marcaj curbă periculoasă situat la o înălțime necorespunzătoare (sub un metru).</li> </ul>

Tabelul III.15.

**DATE REFERITOARE LA ACCIDENT ȘI LA CARACTERISTICILE GEOMETRICE ALE DRUMULUI**

Punctul negru nr. 1: de la km 359+100 la km 359+900					
	Nr. accidente				
	1	2	3	4	TOTAL
Consecințe	RG1	RG1	MO2	RG2	RG4+ MO2
Presupuse cauze	traversare neasigurare pietoni	traversare neasigurare pietoni	conducere imprudenta neatenție, neasigurare	conducere imprudenta neatenție, neasigurare	-
Vehicule implicate	autoturism	autoturism	autoturism+ autoturism	autoturism	-
Pietoni implicați					
Caracteristici drum					
Parte carosabilă	7 m	7 m	7 m	7 m	-
Șanțuri, rigole	rigolă dreapta percu_z	rigolă dreapta percu_z		rigolă ambele părți percu_z	-
Profil transversal	mixt stânga	mixt stânga	-	mixt stânga	-
Declivități	- 0,8 %	- 1,8 %	0	0	-
Număr benzi	2	2	2	2	-
Caracteristici acostamente	2m	1.9m	2m	2.2m	-
Intersecții C.F.	-	-	-	-	-
Benzi suplimentare	-	-	-	-	-
Suprainălțări	-	-	-	-	-
Localități	-	-	-	-	-
Anexe	-	-	-	-	-
Parapete	rigid stânga foarte greu din beton armat	rigid stânga foarte greu din beton armat		rigid stânga foarte greu din beton armat	-
Intersecții	-	-	-	-	-
Curbe în plan orizontal	R=675 m stânga, l=183 m	R=650 m dreapta, l=143 m	-	R=450 m stânga, l=178 m	-
Sucesiunea elementelor geometrice	48 m aliniament R= 650 m	+ 193 m aliniament	+ 210 m aliniament	+ 206 m cu	-
Curbe în plan vertical	-	-	R= 8000 m concavă	-	-
Vizibilitate	160 m	180 m	-	120 m	-

#### 2.4.4. Concluzii

Analiza pe care doctorandul a efectuat-o în faza actuală privind sectoarele periculoase oferă informațiile de bază necesare determinării măsurilor pentru reducerea numărului și/sau efectelor accidentelor de circulație pe sectorul de drum aferent, în studiu.

Datorită informațiilor incomplete nu se pot determina pentru toate "punctele negre" măsurile necesare eliminării lor. Această problemă apare în special pe următoarele sectoare:

- pe sectoarele de drum aflate în aliniament, în afara localităților, unde se produc frecvent accidente datorită vitezelor de operare ridicate și a prezenței în trafic a vehiculelor care se deplasează cu viteza redusă;

- pe sectoarele de drum aflate la limita localităților, atât în interiorul cât și în exteriorul acestora, datorită faptului că pentru participanții la trafic, această zonă este de tranziție între regimuri de viteză și atenție diferite;

- pe sectoarele de drum aflate în localitățile unde sunt frecvente accidente în care sunt implicați pietoni. Pe majoritatea acestor sectoare sunt treceri de pietoni, dar nu suficient de bine semnalizate.

#### 2.5. Examinarea ambientală

Una dintre propunerile aduse de doctorand la întocmirea "studiului de diagnostic" necesar susținerii reabilitării unui drum este și problematica privind examinarea ambientală.

După părerea doctorandului este foarte important ca impactul asupra mediului să fie studiat cât mai aproape de realitate în cazul unor amenajări rutiere, știut fiind faptul că activitățile de construcție și întreținere a drumurilor creează dezavantaje foarte mari mediului înconjurător. Acest lucru nu se poate face fără a avea o informație foarte clară despre parametrii mediului fizic și natural, precum și cei de mediu uman.

Ținând cont de acest lucru doctorandul propune ca examinarea ambientală să se refere la:

- clima;
- apa râurilor;
- aer;
- floră, faună, zone conservate, monumente istorice;
- surse de poluare a drumului și efectele lor asupra mediului.

Autorul a analizat și studiat acești factori pentru sectorul de drum la care se referă teza de doctorat și a constatat următoarele:

**Clima** din sudul și vestul României, unde este localizat drumul este o climă temperat-continentală cu influențe mediteraneene, unde temperaturile medii lunare variază între  $-3^{\circ}\text{C}$  iarna și  $+23^{\circ}\text{C}$  vara, iar precipitațiile variază de la 400 mm la 1000 mm pe an cu o medie de 500 mm.

În această zonă căderile de zăpadă se întind pe o perioadă scurtă de timp, dar vânturile puternice frecvente pot duce la viscolirea zăpezii, care câteodată poate înzăpezi drumul creând probleme deosebite participanților la trafic.

**Apa râurilor.** În zona drumului național 6 calitatea apei râurilor se clasifică în trei categorii:

- categoria I – reprezintă apa ce poate fi utilizată ca apă potabilă furnizată populației sau pentru alte activități și se găsește în general în râurile din zona Băilor Herculane;

- categoria a II-a – reprezintă apa ce poate fi folosită în dezvoltarea piscicolă și se găsește în zonele Orșova, Caransebeș și Recaș;

- categoria a III-a – include apa ce poate fi folosită pentru irigații și se găsește în zona Câmpiei Banatului.

**Aerul.** Regiunile din jurul drumului studiat sunt încadrate în zone cu concentrații medii de toxine în atmosferă și sunt exprimate în unități de  $\text{tone}/\text{km}^2/\text{an}$ . Substanțele chimice frecvent întâlnite în atmosferă sunt  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , dar la un nivel relativ scăzut, singura substanță cu valori între  $5\text{...}30 \text{ t}/\text{km}^2/\text{an}$  fiind  $\text{CO}$ .

#### **Flora, fauna, zone conservate, monumente istorice.**

Pădurile sunt în general formate din stejar, mestecăn și conifere. În zona sectorului studiat sunt câteva păduri importante: Rezervația Botanică Vârciorova de 30 ha, rezervația Bazoș de cca. 20 ha etc.

Zonele de câmpie sunt în primul rând ținuturi agricole prielnice pentru culturi mari (grâu, porumb) dar și pentru legume. În zonele de deal există numeroase livezi.

Multe zone, mai ales pădurile sunt populate cu vânat ca: cerbi, urși, mistreți, vulpi, lupi, iepuri, capre sălbatice, fazani, rațe sălbatice etc. În câteva zone acestea sunt protejate prin licențe stricte de vânatoare.

Râurile și lacurile sunt populate cu pești din familiile crapului și păstrăvului.

De-a lungul drumului, în localitățile străbătute de acesta sau în vecinătatea lui se găsesc monumente istorice importante și anume: castele medievale, biserici, fortărețe și schituri. Însuși traseul drumului actual se suprapune sau se învecinează în zona Turnu-Severin – Caransebeș cu drumul roman ce lega Dierna (Orșova) de Tibiscum (Caransebeș). În această zonă pot fi întâlnite ruine romane și dacice.

### **2.5.1. Surse de poluare ale drumului și efectul lor asupra mediului**

Prin efectele sale negative asupra mediului, drumul are o serie întreagă de inconveniente și asupra omului în ceea ce privește calitatea vieții. Aceste inconveniente sunt determinate direct de sursele de poluare rezultate din traficul

rutier, precum și de alte surse de poluare, pe care doctorandul a încercat să le grupeze astfel:

- poluarea ca rezultat direct al vehiculelor;
- poluarea prin însăși construcția drumului;
- poluarea rezultată din industria țării amplasată în zona drumului sau atrasă ulterior în această zonă, ca urmare a reabilitării lui.

Studiul s-a axat pe primele două categorii de poluare, fiindcă în această fază preliminară de studiu nu există încă informație despre propuneri de dezvoltare a acestor industrii în lungul drumului ca urmare a reabilitării lui.

### 2.5.2. Poluarea ca rezultat direct al autovehiculelor

După părerea doctorandului reabilitarea drumului va conduce la creșterea traficului și la diversificarea lui, iar efectul cu potențialul cel mai traumatizant îl va suporta aerul și implicit comunitatea locală.

Volumul emisiilor toxice a fost calculat folosindu-se studiul de trafic mediu anual/zi elaborat de CESTRIN București, multiplicat prin emisia unitară calculată pentru fiecare categorie de vehicul și pentru fiecare tip de substanță. Categoriile de vehicule luate în studiu au fost: motocicletele, autoturismele, autobuzele, autocamioane cu tonaj  $\leq 3t$  și autocamioane cu tonaj  $> 3t$  iar substanțele măsurate au fost: NO, CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O și CO<sub>2</sub>.

(Emisiile unitare au fost luate din cartea de ghidare "Atmospheric Emission Inventory Guide Book" din iunie 1993 publicată în E.M.E.P. Task Force - tabelul III.16).

*Tabelul III.16.*

#### EMISII ESTIMATE PENTRU DIFERITE TIPURI DE VEHICULE

Nr. crt.	Vehicule	Noxe [g/km <sup>2</sup> /an]				
		NO	CH <sub>4</sub>	CO	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
1.	Autoturisme	1,89	0,12	50,15	0,00	294,78
2.	Autobuze	2,16	0,06	7,17	0,00	177,77
3.	Autocamioane $\leq 3t$	1,63	0,00	1,58	0,02	283,90
4.	Autocamioane $> 3t$	10,88	0,07	8,71	0,03	799,33
5.	Motociclete	0,30	0,20	20,00	0,00	121,03

În urma măsurătorilor efectuate am constatat că aceste noxe reprezintă în jur de 10% din ambientul total. După părerea doctorandului, creșterea vitezei de trafic ca urmare a reabilitării drumului va conduce la o reducere a emisiilor de noxe în aer, cu efecte benefice asupra apei, florei faunei și monumentelor istorice.

În urma studiilor efectuate am constatat că nivelul zgomotului și al trepidațiilor ca rezultat al creșterii traficului influențează defavorabil comunitatea locală în aceeași măsură ca și noxele. Nivelul poluării de acest tip depinde de vitezele și volumele de circulație, de ponderea vehiculelor grele, elementele geometrice ale drumului, în

special declivități și curbe, planeitatea căii, distanța dintre sursă și receptor, iar în cazul vibrațiilor și de structura hidrogeologică a terenului pe care este construit drumul.

Doctorandul este convins că, asigurarea condițiilor optime create pentru desfășurarea traficului prin reabilitarea drumului, vor reduce nivelul de zgomot existent, iar în zona localităților, unde partea carosabilă este foarte aproape de linia caselor, vibrațiile pot ridica în continuare probleme, însă mult reduse.

### **2.5.3. Poluarea ca urmare a construcției drumului**

Construcția drumului creează o poluare datorită emisiilor toxice ale utilajelor și autovehiculelor de construcție, care produc zgomot și vibrații cotate la un nivel foarte înalt.

Exproprierea de teren, de cele mai multe ori păduri sau câmpii arabile și sacrificarea plantației de pe marginea drumului, conduc de asemenea la o reducere a factorului natural de luptă împotriva poluării.

Ministerul Mediului a impus câteva măsuri stricte de protecție a mediului, de care trebuie să se țină seama la construcția (reabilitarea) drumului și anume:

- completarea plantației sacrificate de lucrările de lărgire a părții carosabile cu alta nouă, de regulă grupuri ornamentale de pomi nefructiferi și arbuști;
- semnalizarea corespunzătoare a locurilor de trecere pentru animale sau acolo unde situația o impune, crearea de locuri special amenajate pentru traversarea drumului de către acestea;
- protejarea apei subterane și de suprafață, prin dirijarea prin șanțuri sau rigole a apelor poluate ce se scurg de pe partea carosabilă, în zone departe de scurgerile de apă;
- introducerea de bariere de zgomot, acolo unde situația o cere (conform STAS 10009-88);
- limitarea timpului de construcție a drumului în zonele sensibile;
- umezirea drumului în timpul construcției, pentru a reduce nivelul noxelor rezultate din praf.

Toate aceste măsuri trebuie foarte bine evaluate și analizate cu comunitățile din zona drumului, pentru a putea fi estimate valoric cât mai aproape de realitate și pentru a putea fi cuprinse în costul lucrării de reabilitare.

Examinarea ambientală, ca noțiune, nu a fost abordată în studiile de diagnostic privind realizarea drumurilor, lucru pe care autorul îl face cu ocazia redactării acestui subcapitol.

Autorul propune atenției beneficiarilor și proiectanților ca în activitatea de proiectare cât și în construcția și întreținerea drumurilor, această problemă să fie tratată distinct, foarte atent și să cuprindă soluții tehnice necesare înlăturării sau diminuării impactului drum - mediu înconjurător.



De asemenea este necesar ca în costul lucrărilor de reabilitare a drumurilor să fie cuprinse cheltuielile necesare pentru reapectarea și conservarea mediului înconjurător precum și cheltuielile necesare înlăturării impactului drum - viață.

### 3. Concluzii și propuneri

Studiile și cercetările autorului, prezentate în acest capitol, referitor la necesitatea reabilitării DN6, km 358+000...552+000 permit formularea unor concluzii și propuneri.

În legătură cu *evoluția traficului rutier* se menționează:

- analiza datelor de trafic, rezultate din recensămintele din perioada 1955...1995, cu o periodicitate de 5 ani, precum și din prognoza făcută până în 2005, conduce la concluzia că intensitatea traficului greu, exprimat în vehicule etalon R10 prezintă o creștere progresivă în raport cu traficul general, care arată că drumul național nr. 6 este deja supus rigurozității "erei traficului greu".

Agresivitatea traficului greu asupra sectorului studiat din DN6 în perioada 1995...2005 va fi de circa 6,3 ori mai mare decât cea înregistrată în perioada 1955...1990 (tabelul III.17).

Tabelul III.17.

#### AGRESIVITATEA TRAFICULUI GREU ASUPRA DN6

- km -

Clasa de trafic	Anul			
	1990	1995	2000	2005
Mediu	77,6	-	-	-
Greu	114,3	170,4	77	6
Foarte greu	2,7	24,2	117,6	188,6
Total	194,6	194,6	194,6	194,6

- din prognoza făcută pentru anul 2000 rezultă că 60% din sectorul studiat va fi supus unui trafic foarte greu, iar pentru anul 2005 se prognozează că întreg sectorul studiat va suporta un trafic foarte greu.

- din analiza de trafic efectuată, reiese faptul că în următorii 10 ani nu se întrevede o diminuare a acestor ritmuri de creștere a traficului greu, existând riscul unei degradări accentuate a sectorului studiat, mai ales în perioada de îngheț-dezgeț.

În aceste condiții apare necesitatea ranforsării structurilor existente pe sectorul studiat și executarea lucrărilor de mărire a capacității portante a podurilor existente, pentru a putea prelua solicitările rezultate din acțiunea traficului greu.

În legătură cu starea tehnică a sectorului studiat se menționează:

- condițiile de circulație modeste existente pe DN6, km 358+000...552+600 se datorează în principal stării tehnice rele, ca urmare a structurilor rutiere subdimensionate, precum și a suprafeței de rulare necorespunzătoare.

Inspecțiile de vizualizare, măsurătorile de capacitate portantă, precum și măsurătorile de planeitate efectuate de doctorand în perioada 1988...1993 au permis următoarele concluzii:

- măsurătorile de planeitate efectuate pe sectorul studiat atestă faptul că 83% din suprafața de rulare este **MEDIOCRĂ** și **REA**, iar planeitatea este necorespunzătoare pe 73 % din acesta;

- din totalul defecțiunilor inventariate în îmbrăcămintea bituminoasă, 38 % reprezintă degradări ale suprafeței de rulare iar 62 % reprezintă degradări structurale de absolut toate tipurile. În ceea ce privește îmbrăcămintea din beton de ciment este de remarcat faptul că numai 12 % din întreaga suprafață a sectoarelor cu îmbrăcămintă rigidă prezintă degradări structurale;

- valoare deflexiunilor atestă o capacitate portantă "REA" a structurii rutiere pe 56,4 % din suprafața studiată și o durată de exploatare reziduală de calcul sub 15 ani pe 85,4 % din aceasta. De asemenea modulii de deformație determinați pe sectoare omogene cu ajutorul programului de calcul **ELMOD** atestă o calitate necorespunzătoare a structurilor rutiere pe cca. 70 % din suprafața investigată;

- analizele și studiile efectuate privind capacitatea portantă a podurilor a condus la concluzia că existența defecțiunilor inventariate la 68 buc. poduri se datorează în primul rând faptului că nu au fost realizate în timpul execuției caracteristicile de calcul ale betonului și nu mai puțin important datorită faptului că nu s-au executat la timp și în totalitate lucrările de întreținere curentă și periodică a acestora.

În concluzie starea tehnică a sectorului DN6 km 358+000...552+600 este precară (tabelul III.18 și fig. III.16) iar pentru aducerea lui la capacitatea portantă necesară preluării solicitărilor din traficul actual și de perspectivă sunt necesare să se execute următoarele lucrări:

*Tabelul III.18.*

### IMAGINEA GLOBALA A CALITĂȚII DN6

Secțiuni omogene de trafic R10	Lungimea analizată		Starea tehnică structurală									
			Bună în structură						Mediocră în structură		Rea în structură	
	Bună în îmbrăcămintă		Mediocră în îmbrăcămintă		Rea în îmbrăcămintă		km		%			
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%		
0...300	77,3	100	5,7	7,8	7	9,1	16,6	21,7	17,2	21,9	30,8	39,9
300...500	54,5	100	11,1	20,7	4	7	12	22	9,5	17,5	17,9	32,8
500...700	48,3	100	6,8	14	6,6	13,6	10,097	21,4	6,8	14	18	37
>700	14,68	100	9,8	29,4	2	1,4	2,883	19,8				
<b>TOTAL</b>	<b>194,6</b>	<b>100</b>	<b>33,4</b>	<b>17,2</b>	<b>19,6</b>	<b>10</b>	<b>41,6</b>	<b>21,4</b>	<b>33,5</b>	<b>17,2</b>	<b>66,7</b>	<b>34,2</b>

- ranforsarea îmbrăcămintei existente pe circa 55,6 din suprafața analizată;
- refacerea suprafeței de rulare pe circa 27,2 % din suprafața analizată;
- îmbunătățirea suprafeței de rulare prin lucrări de întreținere periodică (tratamente bituminoase, șlam bituminos) pe 17,2 % din suprafața de rulare;
- reparații capitale la 29 buc. poduri, adică 42,5 % din totalul podurilor inventariate pe sectorul studiat pentru aducerea lor din clasa I în clasa E de încărcare, și pentru repararea infrastructurilor, a rosturilor și a îmbrăcămintei pe poduri.

Grafic, datele din tabelul III.17. sunt prezentate în figura III.16.

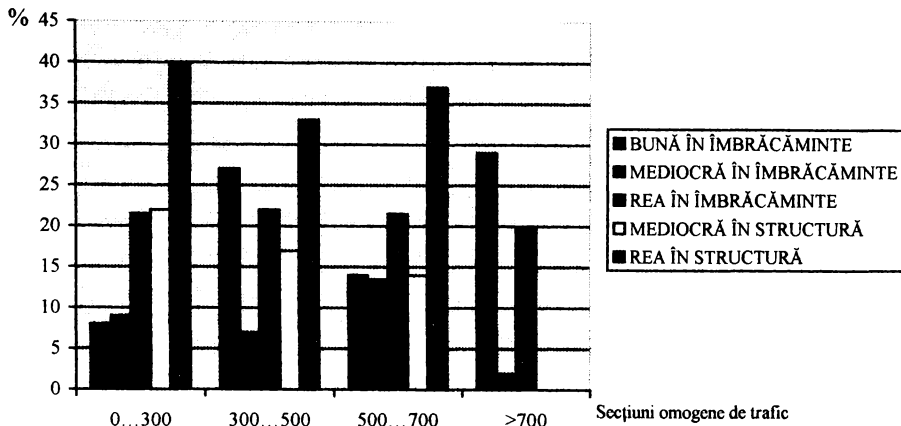


Fig. III.16. Reprezentarea grafică a calității DN6.

Referitor la *eliminarea sectoarelor periculoase* existente pe sectorul studiat (DN6 km 358+000...552+600) se menționează existența a 133 de sectoare periculoase din care 64 sunt situate în localități, iar 69 sunt situate în afara localităților. În perioada 1994...1995 s-au produs pe aceste sectoare periculoase 198 accidente rutiere, rezultând 64 morți și 203 răniți. În mod deosebit se pune problema eliminării sectoarelor periculoase de la Mehadia (DN6 km 385+845...387+975) și Domașnea (DN6 km 409+100...410+100), unde elementele geometrice existente ale drumului sunt total necorespunzătoare (declivități mari, curbe cu raze mici, lățimea platformei drumului mică), ceea ce impune construcția a două variante ocolitoare.

Referitor la *protecția mediului*, studiul efectuat de autor a scos în evidență faptul că drumul național nr. 6 este foarte poluat.

Noxele emise de vehiculele care circulă pe sectorul studiat reprezintă circa 10% din ambiantul total, CO<sub>2</sub> având valorile cele mai mari (121,03...294,78 gr/km<sup>2</sup>/an).

În ceea ce privește nivelul zgomotului, măsurat la o distanță de 7,5 m față de habitat, s-a constatat că el depășește la toate tipurile de autovehicule normele europene (tabelul III.19).

Tabelul III.19.

#### EMISIA DE ZGOMOT PE DN6

Tipul de autovehicul	Norma europeană [dB]	Valoarea măsurată [dB]	Observații (valori minime în lume) [dB]
Autoturisme	77...80	96	0 în S.U.A.
Camionete <3,5t	78...79	87	0 în S.U.A.
Vehicule grele	84...88	107	83 în SUECIA

Autorul consideră ca posibilă rezolvarea acestor probleme astfel:

- scăderea procentului de noxe ca urmare a construcției drumului prin folosirea unor utilaje de construcții performante și a tehnologiilor moderne nepoluante și printr-o organizare corespunzătoare a lucrărilor în vederea reducerii timpului de execuție;

- scăderea nivelului zgomotului prin realizarea unei suprafețe de rulare corespunzătoare și prin folosirea în timpul execuției lucrărilor a unor utilaje performante și prin crearea de bariere de zgomot mai ales lângă spitale și școli;

- evacuarea apelor din zona drumului prin dispozitive de scurgere impermeabile (betonate) și dirijarea lor la distanță mare față de cursurile râurilor și pâraurilor;

- introducerea de restricții de circulație în zonele unde animalele traversează drumul sau amenajarea de treceri speciale acolo unde trec un număr mare de animale;

- înlocuirea plantației tăiate ca urmare a reabilitării drumului sau a celei necorespunzătoare, prin grupuri de plantație ornamentală în scopul de a limita împrăștierea noxelor și a prafului.

În concluzie, doctorandul, având în vedere rezultatele investigațiilor făcute pe acest sector, în decursul a patru ani și bazându-se pe rangul de înaltă prioritate a DN6 în angrenajul transporturilor TRANSEUROPE, doctorandul susține importanța și urgența implementării proiectului de reabilitare a acestui drum.

## CAP. IV. ANALIZA POSIBILITĂȚILOR DE REALIZARE A REABILITĂRII DRUMULUI NAȚIONAL NR. 6

Propunerile de reabilitare a sectorului studiat de doctorand țin seama de definiția dată de autor conceptului de reabilitare și constau în structurarea și stabilirea variantelor optime de realizare a reabilitării, precum și în evaluarea soluțiilor tehnice și tehnologiilor cele mai economice ținând seama de rezolvarea integrală a necesităților drumului.

### 1. Obiective și mijloace

Din analiza făcută de doctorand în cap. III la subcapitolele 1 și 2, rezultă clar că drumul național nr. 6 cu toate că are un pronunțat rol internațional are un standard de construcție mult sub nivelul standardelor internaționale.

Pachetul de soluții tehnice pe care doctorandul le are în vedere pentru lucrările de reabilitare a DN 6 se referă în special la aducerea acestui drum la un standard de circulație internațional prin:

- sporirea capacității portante a drumului și a podurilor;
- asigurarea unei planeități corespunzătoare a suprafeței de rulare;
- corectarea elementelor geometrice în profil transversal și în profil longitudinal;
- eliminarea sectoarelor periculoase;
- asigurarea stabilității corpului drumului și a versanților din zona drumului;
- rezolvarea evacuării apelor de suprafață;
- asigurarea semnalizării rutiere pentru ca circulația să se poată desfășura fluent în condiții de securitate sporită;
- promovarea lucrărilor necesare pentru protecția mediului.

Problemele pe care și le-a propus doctorandul și cărora a căutat să le dea răspuns în contextul asigurării condițiilor tehnice posibile de aplicat sunt următoarele:

- Care sectoare de drum trebuie cuprinse în etapa I de reabilitare și care vor fi cuprinse în etapa a II-a?
- Care sunt indicatorii economici ce se obțin ca urmare a reabilitării drumului în cele doua etape?

- Cum se încadrează programul de reabilitare (etapizat) în resursele bugetare previzibile a fi alocate?

- Care este termenul necesar pentru implementarea proiectului și execuția lucrărilor?

Mijloacele de care a dispus autorul pentru elaborarea propunerilor pentru realizarea reabilitării au constat în:

- studiu de diagnostic a sectorului analizat (elaborat de doctorand în cap. III);
- studiu tehnic pentru adaptarea structurilor rutiere la cerințele traficului existent și de perspectivă (elaborat de doctorand în cap. III);
- studiu economic de evaluare a costului lucrărilor, a costurilor în exploatarea autovehiculelor, precum și a indicatorilor economici (elaborat de doctorand în cap. IV).

### **1.1. Studiul tehnic de adaptare a sistemelor rutiere la cerințele traficului existent și de perspectivă**

După cum rezultă din analiza făcută de doctorand în capitolul III, drumul național nr. 6 - km. 358+000...552+600 - are nevoie de un volum important de lucrări pentru a putea prelua traficul actual și de perspectivă. Soluțiile tehnice pe care autorul le studiază pentru reabilitarea DN 6 și pe care le propune spre analiză și implementare Administrației Naționale a Drumurilor, asigură în condiții de risc acceptabil, durata de exploatare luată în calculul de dimensionare și costul cel mai redus acceptabil pentru aceste soluții .

Pentru analiza soluțiilor tehnice și economice autorul a folosit modelul HDM-Q (Highway Design and Maintenance Standards model) publicat în decembrie 1994 de Banca Mondială, ca o versiune a binecunoscutului model HDM-III aplicat în analizele economice și studiile de fezabilitate începând cu anul 1987. Până în prezent la noi în țară nu s-a folosit acest model în sectorul rutier, în negocierile Administrației Naționale a Drumurilor cu Fondul Monetar Internațional (F.M.I.), lucru care îl determină pe doctorand să supună atenției corpului tehnic și economic din sector modul de analiză oferit de acest model, mult mai flexibil și mai exact decât modelul HDM-III.

În studiul tehnic autorul a adoptat acest model de analiză datorită faptului că modelul HDM-Q este capabil să ia în considerare efectele aglomerării traficului corelate cu viteza autovehiculelor și cu costurile de utilizare a autovehiculelor, și are ca trăsătură fundamentală relația viteză - flux - capacitatea drumului.

Elementele necesare pentru studiul tehnic, conform modelului HDM-Q sunt:

◆ Traficul de bază și rata de creștere a traficului

Volumele de trafic recenzate pe sectorul studiat și analizate de doctorand sunt redate în tabelul 3.1. (cap. III.1).

Previțiunea creșterii ratei traficului pe diferitele categorii de autovehicule este redată în tabelul IV.1.

Din analiza de trafic făcută de doctorand (cap. III.1.) rezultă faptul că 1/3 din sectorul studiat prezenta în anul 1995 variații ale volumului de trafic cuprinse între 5000 și 10.000 MZA/zi, și ca după părerea autorului aceste sectoare necesită lărgiri la 4 benzi de circulație sau îmbunătățirea condițiilor de trafic prin construirea de benzi suplimentare pentru traficul lent, construirea de variante ocolitoare sau amenajarea corespunzătoare a intersecțiilor.

Tabelul IV.1.

**ESTIMAREA CREȘTERII RATEI TRAFICULUI**

în %

Tipul de autovehicule	Perioada		
	1995...2000	2001...2005	2006...2020
Autoturisme, autobuze	5,50	5,00	4,00
Autovehicule transport marfă cu 2 axe	5,00	4,50	4,00
Autovehicule transport marfă cu 4 axe	4,00	3,50	3,00
Motociclete, biciclete	5,00	4,00	3,50

◆ Planeitatea drumului

Măsurătorile de planeitate efectuate în anii 1994-1995 pe unele sectoare au fost ajustate la nivelul anului 1997 aplicând următoarele formule:

$$IRI = 0,5 + 0,2 \times MZA \quad [m/km] \quad (IV.1)$$

pentru îmbrăcăminte REA și MEDIOCRĂ cu  $E < 2400 \text{ daN/cm}^2$

$$IRI = 0,5 + 0,1 \times MZA \quad [m/km] \quad (IV.2)$$

pentru îmbrăcăminte BUNĂ cu  $E > 2400 \text{ daN/cm}^2$ .

unde: IRI este valoarea indicelui internațional de planeitate;

MZA - media zilnică de autovehicule/zi.

În tabelul IV.2. sunt redați indicii de planeitate calculați pentru anul 1997 estimați de doctorand cu formulele (IV.1) și (IV.2).

Tabelul IV.2.

**ESTIMAREA RUGOZITĂȚII DRUMULUI (IRI) LA NIVELUL ANULUI 1995**

MZA 1997	Îmbrăcăminte REA și MEDIOCRĂ $E < 2.400 \text{ daN/cm}^2$	Îmbrăcăminte BUNĂ $E > 2.400 \text{ daN/cm}^2$
4.000	1.3	0.9
6.000	1.7	1.1
8.000	2.1	1.3
10.000	2.5	1.5

◆Factori de degradare a drumului

Factorii de degradare a drumului utilizați în analiză de către doctorand, conform modelului HDM-Q, sunt prezentați în tabelul IV.3.

*Tabelul IV.3.*

**FACTORII DE DEGRADARE A DRUMULUI**

Factori	Flexibili	Concret
Fisuri	0,90	1,50
Crăpături	0,90	1,50
Gropi mici	1,00	1,50
Rugozitate	2,17	1,50
Gropi mari	1,50	1,50
Făgașe	1,00	0,70

◆Factori de capacitate a drumului

Ținând cont de traficul mai lent (biciclete, motorete, tractoare agricole), capacitatea de trafic a drumului proiectat pentru 2 sau 4 benzi de circulație este mai mare decât cea estimată. Corecția capacității de trafic pe sectorul de drum studiat poate fi făcută cu ajutorul modelului HDM-Q, iar valorile de corecție sunt redată în tabelul IV.4.

*Tabelul IV.4.*

**FACTORII DE CORECȚIE A CAPACITĂȚII DE TRAFIC**

Tipul drumului	Capacitatea de trafic existentă	Capacitatea de trafic estimată
Drum existent cu 2 benzi de circulație	2.200	2.800
*Drum proiectat cu 2 benzi de circulație	2.400	2.800
Drum proiectat cu 4 benzi de circulație	-	8.000

\*Se refera la variantele de ocolire a localităților Mehadia și Domașnea proiectate și avizate în anul 1997, dar neexecutate până în prezent.

◆Factorii de capacitate portantă a drumului

Evaluarea capacității portante a drumului a fost făcută de doctorand în urma prelucrării datelor obținute din măsurătorile efectuate cu echipamentul Dynatest 8000 FWD, în anul 1992 (vezi cap. III), prin:

- interpretarea directă a numărărilor de deformabilitate (a deflexiunilor);
- interpretarea indirectă a modulilor de elasticitate dinamică ai materialelor din fiecare strat rutier și ai pământului de fundație;

În urma acestei evaluări s-a ajuns la următoarele concluzii:

- valorile deflexiunilor au ilustrat o capacitate portantă insuficientă a structurii rutiere pe 56,4% din suprafața investigată;



- studiul modulelor de elasticitate dinamică ai materialelor din straturile rutiere și ai pământului de fundație au ilustrat calitatea în general necorespunzătoare a acestora;

- durata de exploatare reziduală de calcul era în anul 1992 sub 15 ani pe 85,4 % din suprafața investigată.

În acest context se impunea reabilitarea sectorului studiat încă din anul 1992.

Aceste elemente, furnizate de modelul HDM-Q, și analiza făcută în cap. III, permit elaborarea a 2 categorii de soluții tehnice pentru reabilitarea Drumului Național nr. 6 și anume:

**- Soluția tehnică redusă este propusă de doctorand ca urmare a verificării soluțiilor tehnice prezentate în tabelul IV.5, cu metoda de calcul bazată pe criteriul indicelui de degradare admisibil al straturilor de ranforsare.**

- *Soluții tehnice, adoptate în funcție de capacitatea portantă suplimentară necesară ( $\Delta E$ ), rezultată din calculele de dimensionare bazate pe modele de deformație calculate de doctorand pe fiecare sector omogen în parte. În tabelul IV.5. Este prezentată grila de dimensionare rezultată și codul soluției tehnice propusă pentru fiecare sector omogen.*

Tabelul IV.5.

#### GRILA DE DIMENSIONARE PENTRU SOLUȚIA TEHNICĂ

Nr. Crt.	Sectorul omogen	Diferența DE [daN/cm <sup>2</sup> ]	Codul soluției tehnice	Soluția tehnică propusă	Grosimea totală straturi [cm]	Grosimea echivalentă în beton asfaltic [cm]
1	358+000-364+500	350	A1	4BA+4BL+6MA	16	16
2	364+500-367+900	350	A1	4BA+4BL+6MA	16	16
3	367+900-415+100	350	A1	4BA+4BL+6MA	16	16
4	415+100-421+000	320	A2	4BA+4BL+8MA+18AS	34	19
5	421+000-456+900	350	A1	4BA+4BL+6MA	16	16
6	456+900-504+600	300	A3	4BA+4BL+9MA+21AS	38	25
7	504+600-552+600	300	A3+	4BA+4BL+9MA+21AS	38	25
			B	4BA+4BC+8MA	16	16

Legenda: B.A. - strat de uzură din beton asfaltic bogat în criblură (B.A.16);

B.L. - strat de uzură din beton asfaltic deschis (B.A.D.25);

A.B. - strat de bază din anrobat bituminos (A.B.31);

A.S. - strat de bază din agregate stabilizate (B.S.C.);

S<sub>1</sub>B - strat subțire (șlam bituminos).

Verificarea dimensionării straturilor de ranforsare a fost făcută parcurgându-se următoarele etape principale de calcul:

- stabilirea traficului de calcul; s-au determinat volumele de trafic exprimate în volume etalon R10, pe o bandă de circulație, luându-se în considerare perioade de perspectivă de 10 și 15 ani;

- calculul eforturilor unitare; autorul a efectuat aceste calcule cu ajutorul programului de calcul CHEV 5L, având în vedere Instrucțiunile Tehnice Departamentale (ind. CD 152-85) [106];

- analiza comportării sub trafic; s-a verificat dacă sunt satisfăcute criteriile efortului unitar de întindere admisibil la baza straturilor bituminoase și efortul unitar de compresiune admisibil la nivelul pământului de fundație cu ajutorul relațiilor (IV.3) și (IV.4).

$$IDO_{st} = \frac{0,22 \times \sigma_{r_i}}{R_{t_i} \times k} + \frac{0,33 \times \sigma_{r_{pt}}}{R_{t_{pt}} \times k} + \frac{0,33 \times \sigma_{r_v}}{R_{t_v} \times k} \quad (IV.3)$$

în care:

$IDO_{st}$  este indicele de degradare prin oboseală al stratului;

$\sigma_{r_i}$ ,  $\sigma_{r_{pt}}$ ,  $\sigma_{r_v}$  - valorile efortului unitar radial de întindere la baza stratului, în daN/cm<sup>2</sup>, corespunzător grosimii acestuia și perioadelor de iarnă, primăvară-toamnă și vară;

$R_{t_i}$ ,  $R_{t_{pt}}$ ,  $R_{t_v}$  - rezistența la întindere, în daN/cm<sup>2</sup>, a materialului din strat în perioadele de iarnă, primăvară-toamnă și vară;

k - coeficient de oboseală a materialului din strat, stabilit în funcție de volumul de trafic, cu relația:

$$k = 0,95 - c \cdot \log N_c \quad (IV.4)$$

în care:

$N_c$  este volumul de trafic (R10) în perioadele analizate ( de 10 și 15 ani);

c - coeficient de oboseală care poate varia între 0,05...0,11 în funcție de "riscul" admis în calcul.

$$\sigma_{v_p} = \frac{0,06 \cdot E_0}{1 + 0,7 \cdot \log N_c} \quad (IV.5)$$

în care:

$\sigma_{v_p}$  - este efortul unitar de compresiune al pământului de fundație;

$E_0$  - modulul de elasticitate dinamică al pământului de fundație;  
 $N_c$  - volumul de trafic (R10) în perioada analizată.

$$\sigma_{v,adm} < 0,95 \quad (IV.6)$$

Din calculele efectuate a rezultat posibilitatea reducerii grosimii straturilor de ranforsare în condițiile luării în considerare a unei durate de exploatare de 10 ani și admiterea unui risc "reduc" în comportarea structurilor rutiere ranforsate prin adoptarea valorii minime a coeficientului de oboseală.

Pentru grila de dimensionare adoptată pentru soluția tehnică redusă (tabelul IV. 6), doctorandul a ținut seama de următorii parametri:

- clasa de trafic, în care intensitatea traficului este exprimata în MZA R10;
- starea tehnică a suprafeței de rulare;
- starea tehnică structurală;
- natura îmbrăcăminții rutiere;

Tabelul IV.5.

**GRILA DE DIMENSIONARE PENTRU "SOLUȚIA TEHNICĂ REDUSĂ"**

Starea tehnică			Natura îmbrăcăminții	Clasa de trafic MZA (R10)			
				0...500	500...1000	1000... 2000	>2000
			Soluții tehnice reduse				
Buna în structură	Îmbrăcămințe	Buna	TOATE	2 S <sub>1</sub> B	2 S <sub>1</sub> B	4BA	5BA
		Mediocră		2 S <sub>1</sub> B	4BA+4BL	4BA+4BL	5BA+4BL
		Rea		4BA+4BL	4BA+4BL	4BA+8BL	4BA+8BL
Mediocră în structură		bituminoase pavaj	4BA+4BL	4BA+6BL	4BA+4BL+6MA	4BA+4BL+8MA	
		beton de ciment	4BA+2S <sub>1</sub> B	4BA+2S <sub>1</sub> B	4BA+2S <sub>1</sub> B	4BA+2S <sub>1</sub> B+8MA	
Rea în structură		bituminoase	4BA+6BL	4BA+4BL+6MA	4BA+4BL+8MA	4BA+4BL+8MA+15AS	
		pavaj	4BA+4BL+8MA	4BA+4BL+8MA	4BA+4BL+8MA	4BA+4BL+8MA	
		beton de ciment	4BA+4BL+8MA	4BA+4BL+8MA	4BA+4BL+8MA	4BA+4BL+8MA	

Legenda: B.A. - strat de uzură din beton asfaltic bogat în criblură (B.A.16);  
 B.L. - strat de uzură din beton asfaltic deschis (B.A.D.25);  
 A.B. - strat de bază din anrobat bituminos (A.B.31);  
 A.S. - strat de bază din agregate stabilizate (B.S.C.);  
 S<sub>1</sub>B - strat subțire (șlam bituminos).

## 1.2. Studiul economic de evaluare a costului lucrărilor și a costului de exploatare a autovehiculelor

În subcapitolul 1.1, s-a prezentat modul în care s-au stabilit soluțiile care răspund cel mai bine la problemele puse de calitatea rețelei studiate, în vederea adaptării acestora la solicitările traficului actual și de perspectivă.

În subcapitolul de față ne-am propus o analiză economică a modului în care soluțiile analizate și propuse de autor pot fi introduse într-un program de lucrări realizabil într-un anumit număr de ani și corelarea acestuia (a programului) cu resursele financiare previzibile.

Pentru efectuarea acestei analize s-a folosit modelul HDM-Q prezentat în subcapitolul IV, 1.1, care din punct de vedere al analizei economice permite rezolvarea următoarelor probleme:

- evaluarea costului proiectului de reabilitare;
- determinarea costului de exploatare a autovehiculelor (C.E.A) funcție de:
  - starea tehnică a suprafeței de rulare;
  - intensitatea și structura traficului;
- ordonarea sectoarelor analizate și prioritizarea acestora în funcție de valoarea ratei interne de rentabilitate (RIR) determinată pentru fiecare sector în parte;
- selectarea acelei variante de program de lucrări, care se adaptează cel mai bine realizării unui volum maxim de lucrări în cadrul unor resurse financiare previzibile și cu indicatori economici favorabili.

### 1.2.1. Evaluarea costului proiectului de reabilitare

Pentru evaluarea costului proiectului, modelul HDM-Q prevede estimarea următoarelor costuri:

- *prețul de bază al materialelor și utilajelor folosite*: Pentru evaluarea acestor prețuri s-a realizat o analiză de piață asupra prețurilor materialelor, utilajelor și echipamentelor; prețurile pentru materiale includ TVA (taxa pe valoare adăugată) în timp ce echipamentele și utilajele nu includ taxele vamale aferente în cazul în care acestea vor fi importate;

- *costul lucrării*: costul lucrării (costul de construcție) ține seama de prețul de bază al materialelor, utilajelor și echipamentelor precum și cheltuielile de personal (salarii, impozite către stat aferente salariilor);

- *costul organizării de șantier*: se apreciază că 18...20 % din costul efectiv al lucrării îl constituie costul organizării de șantier; acest cost include:

- costul baracamentelor;

- costul montării și demontării echipamentelor și utilajelor;
- facilități ingineresti;
- controlul calității;
- management de trafic și măsuri de siguranța circulației;

- *costurile indirecte și profit*: structura costurilor indirecte este cea cunoscută conform Hotărârii de Guvernului României nr. 1743 din 1997; se apreciază că aceste costuri nu pot depăși 7,5 % din costurile directe (costul lucrării + costul organizării de șantier). Profitul participanților la execuția investiției se apreciază ca variabil, cuprins între 3...10% din costurile directe și el poate fi repartizat astfel: 1,5...3 % pentru băncile finanțatoare și 1,5...7 % pentru constructor;

- *costul serviciilor de consultanță*: din experiența dobândită în ultimii ani, consultanța unei lucrări ar trebui organizată în două faze:

- faza I - consultanța necesară pentru etapa de studii de fezabilitate, fezabilitate, proiectare și pregătirea ofertei; autorul estimează aceste costuri la 4% din costul de construcție a obiectivului;

- faza a II-a - necesară pentru supervizarea lucrărilor efective de construcție, costurile acestei faze fiind estimate la 3% din costul de construcție;

- *taxe și impozite*: acest capitol conține obligațiile către stat sau alte organisme statale pe care beneficiarul și constructorul trebuie să le achite. Ele se referă la taxa de autorizație de construcție, taxa pe valoare adăugată (TVA), taxa pentru Inspectoratul de Stat pentru Calitatea Construcțiilor etc. și reprezintă procente fixe din suma costurilor directe, costurilor indirecte și costul serviciilor de consultanță (cote stabilite prin legislația fiecărei țări);

- *cheltuieli neprevăzute*: acest capitol de cheltuieli acoperă o parte din cheltuielile necuprinse a capitolul "costul lucrării", ca urmare a unor schimbări de soluții tehnice sau ca urmare a apariției unor cantități suplimentare de executat; aceste cheltuieli se apreciază la max. 5 % din costul de construcție și pot fi folosite de constructor și beneficiar numai cu avizul proiectantului la propunerea serviciului de consultanță;

- *cheltuieli pentru rectificări de prețuri*: acest capitol de cheltuieli este propus de doctorand pentru a acoperii fluctuațiile de prețuri de bază a căror creștere este mai mare de 5 % într-un an și sunt apreciate la 5...7 % din costul de construcție;

- *costul terenurilor*: acest capitol include costurile pentru cumpărări și închirieri de terenuri; prețurile de cumpărare (concesionare) și închiriere se negociază de către beneficiar cu proprietarul terenului ținând seama de categoria terenului și de venitul adus de teren pentru o perioadă viitoare de 25 ani.

În tabelul IV.6. s-a estimat costului proiectului de reabilitare a DN6 (și pentru variantele ocolitoare) ținând seama de structura costului total și de soluțiile tehnice stabilite în subcapitolul I.1.

Tabelul IV.6.

**ESTIMAREA COSTULUI DE REABILITARE A DN6  
ÎN SOLUȚIA TEHNICĂ NORMALĂ**

## A. Drum

Nr. secțiunii	Poziții km.	Lungime [km]	Codul soluției tehnice	Costuri [mii \$]												
				Lucrari drum	Lucrari poduri	Pasaje	Alte lucrari	Indirecte	Profit	Total al constructiile	Protectare +Consulta	Rectificari preturi	Taxe si impozite	Terenuri	TOTAL general	pe km
1	358+000... ...364+500	6,5	A <sub>1</sub>	2522	2209	139	1744	496		7109	498	380	160	121	8268	1272
2	364+500... ...367+900	3,4	A <sub>1</sub>	1300	1109	70	909	252		3640	249	190	87	61	4227	1243
3	367+900... ...415+100	47,2	A <sub>1</sub>	20176	17672	1112	13952	3968		56880	3984	3040	1280	968	66152	1401,5
4	415+100... ...421+000	5,9	A <sub>2</sub>	2018	2004	108	1702	474		6306	424	320	141	94	7285	1234,7
5	421+000... ...456+900	35,9	A <sub>1</sub>	12695	1618	700	8780	1785		25578	1790	1368	575	301	26613	741,4
6	456+900... ...504+600	47,7	A <sub>3</sub>	17581	2107	972	8633	2197		31490	2204	1685	708	842	36929	774,2
7	504+600... ...552+600	48,0	A <sub>3</sub> + A <sub>4</sub>	20929	813	1019	8969	2380		34110	2388	1825	766	726	39815	829,5

## B. Variante ocolitoare

B <sub>1</sub>	385+845... ...387+975 (loc. Mehadia)	2,130	C	1060	409	150	309	145		2073	145	44	113	328	2703	1269
B <sub>2</sub>	409+720... ...411+825 (loc. Domașnea)	1,470	C	732	284	105	213	102		1436	102	31	79	230	1878	1277,55
B <sub>3</sub>	450+000... ...454+925 (mun. Lugoj)	6,10	C	3184	1228	444	927	434		6217	435	133	339	976	8101	1328,03
B <sub>4</sub>	DN6 km 550+000... ...DN 69 km 5+800 (mun. Timișoara)	15,000	C	7830	4009	1092	2280	1141		16351	1145	350	892	2400	21138	1409,22

## 1.2.2. Costul de exploatare a autovehiculelor

Pentru a determina influența stării tehnice a suprafeței de rulare asupra costului de exploatare a autovehiculelor (C.E.A.) doctorandul a determinat, în cadrul studiilor efectuate, următoarele costuri:

- costul de exploatare pe tipuri de autovehicule în funcție de starea tehnică a suprafeței de rulare;

- costul mediu de exploatare, în funcție de intensitatea traficului, structura traficului și starea tehnică a suprafeței de rulare.

Structura autovehiculelor reprezentative care circulau în 1997 în România și parcursul mediu anual al acestor autovehicule sunt redate în tabelul IV.8.

*Tabelul IV.8.*

### CATEGORIA AUTOVEHICULELOR REPREZENTATIVE DIN ROMÂNIA ÎN ANUL 1997

Tipul autovehiculului	Media fluxului anual [km]	Marca autovehiculului	%
Autoturisme	15.000	Dacia	60
		Daewoo Cielo	20
		Daewoo Espero	10
		Alte mărci străine	10
Autocamioane ușoare	30.000	Roman	70
		Volkswagen Transporter	20
		Alte mărci străine	10
Autobuze	33.000	Roman RD111	80
		Mercedes	10
		Alte mărci străine	10
Autotransportoare cu 2...5 axe	38.000	Roman 10215, 12133, 16250	60
		DAF 65	15
		Mercedes	10
		Alte mărci străine	15

Costul de exploatare a autovehiculelor a fost determinat luându-se în considerare următoarele componente ale costului unitar total (exprimat în lei/autovehicul·km):

- combustibili și lubrifianți;
- pneuri (anvelope și camere);
- întreținere și reparații (manoperă, piese de schimb);
- deprecierea autovehiculului.

În tabelul IV.9. este redată valoarea C.E.A. funcție de starea tehnică de rulare și viteza de parcurs calculată pentru tipurile principale de autovehicule.

Tabelul IV.9.

**COSTUL DE EXPLOATARE A AUTOVEHICULELOR (C.E.A.)**

U.M.: viteza: km/h;

C.E.A.: lei/autovehicul-km

Tipul autovehiculului	Variabile	Starea tehnică a suprafeței de rulare		
		BUNĂ	MEDIOCRĂ	REA
Autoturisme	viteză	85,0	74,8	63,8
	C.E.A.	25,0	27,5	29,75
Autocamioane ușoare	viteză	80,0	72,0	62,4
	C.E.A.	92,7	103,8	113,1
Autobuze	viteză	80,0	70,0	60,0
	C.E.A.	133,0	149,0	162,3
Autotransportoare cu 2...5 axe	viteză	75,0	64,5	52,5
	C.E.A.	140,5	160,2	174,2

Pentru a evidenția reducerea C.E.A. datorită creării unor condiții de circulație mai bune ca urmare a îmbunătățirii stării tehnice a suprafeței de rulare, s-au calculat procentele de reducere a costurilor unitare pe tipuri de autovehicule în funcție de trecerea de la stările tehnice MEDIOCRĂ și REA la starea tehnică BUNĂ. (tabelul IV.10.)

Tabel IV.10.

**INFLUENȚA STĂRII TEHNICE A SUPRAFEȚEI DE RULARE ASUPRA C.E.A.**

- % -

Tipul autovehiculului	Reducerea C.E.A. de la "MEDIOCRĂ" la "BUNĂ"	Reducerea C.E.A. de la "REA" la "BUNĂ"
Autoturisme	10,0	19,0
Autocamioane ușoare	12,0	22,0
Autobuze	12,0	22,0
Autotransportoare cu 2...5 axe	14,0	24,0

**2. Etapizarea lucrărilor și selectarea sectoarelor pentru fiecare etapă**

La stabilirea priorității lucrărilor și etapizarea acestora, autorul a avut în vedere următoarele considerente:

- importanța strategică a sectorului în derularea transportului; rolul său internațional și intern;

- starea tehnică a sectorului;

- evoluția traficului pe sectorul respectiv;

- eliminarea sectoarelor periculoase existente;

- impactul asupra vieții și a mediului;

- puterea și dezvoltarea economică a regiunii;



- costul reabilitării.

Pentru a da un răspuns corect la întrebarea: "Pe care sectoare urmează să înceapă lucrările?", s-a ținut seama de un criteriu cuantificabil, calculat de autor în conformitate cu modelul HDM-Q, și anume, de rata internă de rentabilitate (RIR) și prezentată în tabelele IV.11. și IV.12.

Ținând cont de aceste considerente, etapizarea lucrărilor de pe sectorul studiat poate fi următoarea:

#### **Etapa I:**

- Reabilitarea sectorului Lugoj - Timișoara (km 495+000...552+000);
  - Reabilitarea variantelor de ocolire a municipiilor Timișoara, pe relația Timișoara (DN 6) - Arad (DN 69) și Caransebeș;
  - Eliminarea sectoarelor periculoase de la Mehadia și Domașnea;
  - Reabilitarea podurilor cu capacitate portantă scăzută (24 bucăți);
- Etapa a II-a;
- Reabilitarea sectorului limită jud. Mehedinți - Lugoj (km 358+000...494+100);
  - Realizarea variantei de ocolire a municipiului Lugoj;
  - Reabilitarea podurilor necuprise în etapa I (39 bucăți);
  - Eliminarea sectoarelor periculoase inventariate și necuprise în etapa I (30 bucăți).

Pentru stabilirea lungimii sectoarelor și a priorităților de execuție, s-a luat în considerare, pe lângă analiza tehnică și economică prezentată în subcapitolele 1.1. și 1.2, și următoarele aspecte:

#### **•starea tehnică a sectoarelor**

Investigațiile făcute de doctorand privind starea tehnică a sectorului studiat, au condus la concluzia că la etapizarea lucrărilor va trebui să se țină seama în primul rând de capacitatea portantă a structurilor rutiere și starea suprafeței de rulare.

#### **•intensitatea traficului**

Lungimea sectoarelor s-a stabilit în așa fel încât să permită (în condiții de restricție) o circulație fluentă, creând un număr redus de puncte de lucru, evitând astfel (pe cât posibil), sectoare cu lungimi mici și izolate care ridică probleme deosebite de semnalizare și de fluentă a traficului.

- constituirea unor sectoare lungi de lucru cu caracteristici asemănătoare (defecțiuni, capacitate portantă, trafic etc.)

În urma studiilor efectuate, s-a ajuns la concluzia că lungimea minimă a sectorului de lucru ar trebui să fie de 15 km. Această lungime asigură o serie de avantaje economice, și anume:

- timp de execuție minim, prin asigurarea unui ritm de lucru ridicat;
- costuri de execuție minime, realizate prin cheltuieli minime necesare pentru asigurarea și organizarea securității lucrărilor;

#### **•asigurarea consultanței pentru lucrări**

Urmare a experienței conferită de calitatea de beneficiar (în cadrul D.R.D.P. Timișoara), am ajuns la concluzia că este mai ușor, mai tehnic și mai economic de

supravegheat un număr mic de puncte de lucru, decât lucrări izolate distribuite pe întreg sectorul aflat în execuție

Împărțirea traseului în sectoare de lucru și stabilirea priorităților de execuție sunt redată în tabelul IV.11.

*Tabelul IV.11.*

**ORDINEA DE EXECUȚIE A SECTOARELOR DE DRUM  
PROPUSE PENTRU REABILITARE**

Etapa	Poziția kilometrică	Lungimea [km]	Lungimea cumulată [km]	Ordinea priorităților de execuție	Rata internă de rentabilitate (RIR) [%]
I	532+620-552+600	19,980	19,980	1	33,6
	498+900-532+620	33,72	53,700	2	28,6
	495+000-498+900	3,90	57,600	3	22,0
	TOTAL ETAPA I	-	57,600	-	-
II	480+010-495+000	14,990	14,990	1	20,3
	452+000-480+010	28,010	43,000	2	19,9
	435+210-452+000	16,790	59,790	3	18,5
	380+500-397+200	16,700	76,490	4	17,1
	364+550-380+500	15,950	92,440	5	15,8
	397+000-435+210	38,010	130,450	6	11,9
	358+000-364+550	6,55	137,000	7	11,6
	TOTAL ETAPA II	-	137,000	-	-
TOTAL SECTOR REABILITAT			194,60	-	-

La stabilirea priorităților de execuție pentru celelalte lucrări (variante ocolitoare, sectoare periculoase, poduri), s-a analizat și s-a avut în vedere în plus față de aspectele menționate mai sus, următoarele considerente:

**•caracterul internațional al sectorului studiat**

Acest lucru impune rezolvarea fluenței traficului în zonele aglomerate (municipii) și în "sectoarele negre", cu un număr mare de accidente, prin realizarea unor variante ocolitoare (Tabelul IV.12.).

În urma studiilor efectuate referitor la agresivitatea traficului greu asupra sectorului studiat (Cap. III.3.3), s-a ajuns la concluzia că este necesar ca în prima etapă să fie reabilite toate podurile care au o stare tehnică nesatisfăcătoare și satisfăcătoare (24 buc.), urmând ca în etapa a II-a să fie reabilite și celelalte poduri.

**•mărirea siguranței în circulație**

Este necesară eliminarea în totalitate a sectoarelor periculoase inventariate și prezentate în tabelul III.5.

În cadrul utilizării modelului HDM-Q adoptat, s-au realizat următoarele date de program:

•pe toate traseele analizate și stabilite a se executa în una din etape, lucrările încep în același an;

**ORDINEA DE EXECUȚIE A VARIANTELOR OCOLITOARE  
ÎN CADRUL REABILITĂRII DN6**

Etapa	Denumirea lucrării	Poziția kilometrică	Lungimea [km]	Lungimi cumulate [km]	Ordinea priorității în execuție	RIR [%]
<b>Variante ocolitoare pentru municipii</b>						
I	Varianta de ocolire a mun. Timișoara pe relația DN6-DN69	DN6 km 550+000... ...DN69 km 5+800	15,000	15,000	1	18,7
	Varianta de ocolire a mun. Caransebeș	DN6 km 450+000... ...454+925	6,10	21,100	2	14,6
<b>Eliminarea sectoarelor periculoase</b>						
I	Eliminare sector periculos Mehadia prin realizarea variantei de ocolire a localității	DN6 km 385+845... ...387+975	2,130	23,230	3	14,1
	Eliminare sector periculos Domașnea prin realizarea variantei de ocolire a localității	DN6 km 409+720... ...411+485	1,470	24,700	4	13,7
<b>TOTAL VARIANTE OCOLITOARE ETAPA I = 24,700 km</b>						
	Varianta de ocolire a mun. Lugoj	DN6 km 495+000... ...500+400	7,800	7,800	1	10,4
<b>TOTAL VARIANTE OCOLITOARE ETAPA II = 7,800 km</b>						
<b>TOTAL VARIANTE OCOLITOARE ETAPA I+II = 32,500 km</b>						

- evaluarea costurilor lucrărilor s-a făcut pentru "Soluția tehnică redusă";
- execuția lucrărilor se face în doi ani.

Determinarea costurilor de exploatare a autovehiculelor a fost efectuată luând în considerare evoluția previzibilă a stării tehnice a drumului, fără a se ține seama de lucrările de întreținere curentă (reparații, tratamente).

Perioada de analiză pentru determinarea indicatorilor economici de eficiență a fost stabilită la 10 ani, perioadă în care nu s-au prevăzut lucrări suplimentare de întreținere preventivă sau curativă.

Ținând seama de aceste considerente, în urma analizelor făcute, s-a ajuns la următoarele concluzii:

- sectorul de drum Lugoj - Timișoara (km 495+000... 552+600) prezintă o rată internă de rentabilitate (RIR) în medie de 28 % (prezentată în detaliu în tabelul IV.11.) și a fost nominalizat pentru a fi reabilitat în etapa I.

•sectorul de drum Limită Regională - Caransebeș (km 358+000...495+000) prezintă o rată internă de rentabilitate în medie de 16,44 % și a fost reținut pentru reabilitare în etapa a II-a.

În cea ce privește variantele ocolitoare și eliminarea sectoarelor periculoase (tabelul IV.12.), în urma calculelor efectuate în prima etapă este necesar să se execute variantele de ocolire a municipiului Timișoara cu RIR de 18,7 % și Caransebeș cu RIR de 14,6 %, precum și eliminarea sectoarelor periculoase de la Mehadia cu RIR de 14,1 și Domașnea cu RIR de 13,7%, urmând ca în etapa a II-a să se execute varianta de ocolire a municipiului Lugoj cu RIR de 10,4 %.

## 2.1. Variante de reabilitare

Modelul HDM-Q utilizat pentru etapizarea și prioritizarea sectoarelor analizate permite selectarea acelei variante de reabilitare a drumului care se adaptează cel mai bine realizării unui volum maxim de lucrări în cadrul unor resurse financiare previzibile și cu indicatori economici favorabili.

Pentru implementarea lui, proiectul de reabilitare a fost gândit în patru variante ordonate în două opțiuni:

### OPȚIUNEA I "FĂRĂ VARIANTE DE OCOLIRE":

- varianta 1: se mențin pe întreg sectorul studiat 2 benzi de circulație;
- varianta 2: include lărgirea unor sectoare de la 2 la 4 benzi de circulație;

### OPȚIUNEA II "CU VARIANTE DE OCOLIRE":

- varianta 1: se mențin pe întreg sectorul studiat 2 benzi de circulație;
- varianta 2: include lărgirea unor sectoare de la 2 la 4 benzi de circulație.

Perioada de analiză luată în calcule este de 10 ani, divizată astfel:

- anul 1996 ca an de bază și de referință;
- perioada 1997...2001, perioadă în care sunt programate lucrările de reabilitare a sectorului studiat și anume: în perioada 1997...1999 lucrările de proiectare și licitații și în perioada 1999...2001 execuția lucrărilor propriu-zise;
- perioadele 2001...2003 și 2004...2006, reprezintă două extensii ale programului, pentru a se putea calcula indicatorii economici cu luarea în considerare a unei durate satisfăcătoare de exploatare a programului.

Din analiza făcută asupra variantelor propuse în cadrul celor două opțiuni menționate mai sus, rezultă că varianta 2 din opțiunea II răspunde cel mai bine cerințelor de creștere a traficului coroborate cu rata internă de rentabilitate în medie de 16...28 % pentru sectorul de drum existent și cu a RIR de 10,4...14,6 % pentru variantele ocolitoare și eliminarea sectoarelor periculoase.

În consecință se optează pentru aplicarea variantei 2, opțiunea II astfel:

- pe sectorul limită D.R.D.P. Timișoara - Lugoj (km 358+000...495+000):

- executarea reabilitării pe drumul existent cu aplicarea soluțiilor tehnice de tip "A<sub>1</sub>", "A<sub>2</sub>", "A<sub>3</sub>";
- execuția variantelor ocolitoare pentru municipiile Caransebeș și Lugoj aplicând soluția tehnică de tip "C";
- eliminarea sectoarelor periculoase de la Mehadia și Domașnea folosind soluțiile tehnice de tipul "C";
  - pe sectorul Lugoj - Timișoara (km 495+000...552+600):
    - lărgirea părții carosabile la 4 benzi de circulație folosind soluțiile tehnice tip A<sub>3</sub> și A<sub>4</sub>.
    - execuția variantei de ocolire a municipiului Timișoara folosind soluția tehnică "C".

Lărgirea părții carosabile la 4 benzi de circulație pe sectorul Lugoj - Timișoara se impune datorită următoarelor motive:

- traficul actual și cel de perspectivă impune acest lucru. În situația în care nu se va lărgi drumul pe acest sector, traficul greu actual și de perspectivă va produce efecte negative asupra stării tehnice generale a sectorului cu ramificații defavorabile și asupra costurilor de exploatare și de întreținere a sectorului în cauză;

- sectorul prezintă un raport economic ridicat cu o rată internă de rentabilitate cuprinsă între 22,0...33,6 %;

- luând în calcul o amânare de 10 ani a lărgirii sectorului la 4 benzi de circulație, dar reabilitarea lui până în anul 2001 (varianta 1, opțiunea I), s-a ajuns la concluzia că efectele negative ale traficului greu asupra sectorului vor crește de cca. 5 ori, iar RIR calculat după această perioadă va avea valori >33,6 %.

La această estimare nu s-a ținut seama de cheltuielile suplimentare rezultate din lucrările de întreținere periodică și curativă a sectorului luat în analiză.

În ceea ce privește variantele de ocolire și eliminarea sectoarelor periculoase ele sunt absolut justificate prin traficul de tranzit (în special cel greu și foarte greu) care se desfășoară pe acest sector, prezentând o rată internă de rentabilitate cuprinsă între 10,4...18,7 %.

Cu toate că valoarea proiectului pentru această variantă este mult mai mare decât în cazul ameliorării drumului existent (în sectoarele respective) și mai mult, are un impact relativ crescut asupra mediului, varianta propusă are un merit considerabil asupra vieții și economiei, contribuind la eliminarea noxelor și la diminuarea costurilor suplimentare de exploatare a autovehiculelor. După estimările făcute, beneficiarii direcți ai acestui proiect de reabilitare vor fi: 14 % din populația țării; 12 % agricultura și industria și un număr considerabil de utilizatori internaționali.

### **2.1.1. Evaluarea variantelor de reabilitare**

Pentru evaluarea economică a variantelor propuse, s-a analizat, bazat pe modelul HDM-Q, două componente de costuri și anume:

- fluxul de costuri pentru lucrări de reabilitare, rezultat din desfășurarea pe ani a variantelor de program propuse;

- fluxul de costuri în exploatare, pe care doctorandul l-a determinat ținând cont de:

• evoluția previzibilă a stării tehnice pe sectorul de drum analizat, în funcție de strategia luată în considerare;

• costul de exploatare a autovehiculelor (CEA) în funcție de starea tehnică a suprafeței de rulare.

Ținând seama de aceste componente ale costurilor și de aspectele tehnice prezentate în subcapitolul 2.1, se susține implementarea variantei 2, opțiunea II pe baza modelului HDM-Q.

De asemenea s-au calculat și comparat indicatorii de eficiență și senzitivitate ai celor 4 variante și a rezultat concluzia că cei mai buni indicatori sunt cei ai variantei 2, opțiunea II.

De asemenea s-a calculat și fluxul de economii înregistrate la utilizator și în activitatea de întreținere ca urmare a reabilitării drumului și s-a ajuns la concluzia că rezultă două categorii de economii și anume:

- reducerea costului mediu de exploatare auto (C.M.E.A.) rezultată din trecerea de la stările tehnice MEDIOCRĂ și REA la starea tehnică BUNĂ;

- reducerea cheltuielilor de reparații, estimate în primii 4 ani ca fiind ne semnificative (sub 0,1 % din suprafață).

Costul total al acestei variante poate fi acoperit din două surse financiare:

- bugetare interne, care din păcate sunt la un nivel minim față de necesar;

- finanțare externă, concret finanțare a Guvernului Japoniei în cadrul programului OECF (Cooperația Externă Economică de Fonduri a Japoniei), eșalonată pe 4 ani în condiții foarte avantajoase pentru Guvernul României.

### **2.1.2. Evaluarea măsurilor propuse pentru rezolvarea sectoarelor periculoase și mărirea siguranței circulației**

Pentru eliminarea sectoarelor periculoase de pe traseul studiat se analizează trei grupe de măsuri:

- măsuri generale, care vizează lucrările generale pentru situații care se repetă la majoritatea sectoarelor periculoase inventariate; aceste măsuri constituie un pachet

de probleme pe care trebuie să le aibă în atenție și administratorul drumului după terminarea lucrărilor de reabilitare;

- măsuri referitoare la elementele geometrice ale drumului; acest pachet de măsuri vizează îmbunătățirea elementelor geometrice ale drumului atât în profil longitudinal cât și în profil transversal;

- măsuri particulare, care iau în considerare problemele specifice fiecărui sector periculos și care nu se repetă la alte sectoare periculoase inventariate.

Implementarea acestor pachete de măsuri gândite și propuse de doctorand au drept scop eliminarea sau/și ameliorarea cauzelor care generează accidente rutiere pe sectoarele respective.

În ingineria de trafic aceste măsuri se evaluează după o metodă de evaluare de formă denumită "înainte și după", adică se face o evaluare a efectelor produse înainte de asigurarea normelor și după rezolvarea problemelor care generează accidentele rutiere. Evaluarea propriu-zisă constă în determinarea eficienței (E %) măsurilor întreprinse la nivelul sectorului periculos analizat, folosind formula:

$$E = \frac{N_b}{N_a} \cdot 100 \quad [\%] \quad (IV.7)$$

unde:

E este eficiența măsurilor întreprinse, în %;

$N_b$  - media accidentelor într-o perioadă determinată, calculată înainte de aplicarea măsurilor;

$N_a$  - media accidentelor calculată în aceeași perioadă, calculată după aplicarea măsurilor.

În general această eficiență (E) se calculează pentru o perioadă de 2 ani înainte și după aplicarea măsurilor de eliminare a sectorului periculos.

În ceea ce privește sectorul analizat menționăm că această eficiență nu poate fi făcută la momentul de față deoarece nu a fost implementat și nu s-a derulat nici un program de eliminare a sectorului periculos pe acest drum cu excepția celor de la km 532+500...533+200 în localitatea Recaș și de la km 527+200...528+000 în apropierea localității Suștra.

În consecință această problemă rămâne în atenția doctorandului. Acest pachet de măsuri este argumentat de autor din punct de vedere tehnic în subcapitolul 3.4. și recomandat proiectantului pentru a-l introduce în documentațiile tehnice ce se vor întocmi pentru reabilitarea sectorului studiat de autor.

### 2.1.3. Evaluarea măsurilor propuse pentru protecția mediului

Una dintre preocupările autorului în perioada de după 1989 este implementarea în documentațiile tehnice elaborate pentru construirea sau/și reabilitarea drumurilor, a impactului produs de drum asupra mediului.

În general studiile de impact al drumului asupra mediului pot fi eficiente numai în cadrul managementului mediului, care presupune două activități [107]:

- activitatea de selecție - reprezintă alegerea activităților pentru care studiile de impact pot fi aplicate;

- obiectivarea stabilește factorii sau efectele care trebuie analizate la faza de elaborare a studiului de impact.

În realitate selecția și obiectivarea sunt activități care se suprapun; anumite metode de evaluare asigură nu numai funcția de selecție ci și pe cea de identificare a parametrilor care necesită o examinare detaliată.

Pe parcursul elaborării procedeele de selecție a activităților în cadrul unui studiu de impact, trebuie avute în vedere două obiective:

- identificarea clară a proiectelor care reclamă studiu de impact;
- aplicarea rapidă și ușoară a procesului de selecție pentru a putea asigura rapiditatea procesului de evaluare.

Eficiența studiilor de impact necesită asigurarea unui echilibru între calitatea, utilitatea și costul unor asemenea studii.

După aprecierea doctorandului, metodologia și procesul de evaluare a studiilor de impact implică o serie de măsuri și anume:

- identificarea, analiza și luarea în considerare a tuturor efectelor pozitive sau negative create de drum asupra mediului;

- concertarea lucrării de reabilitare sau de construcție a drumului prin consultarea unor grupuri largi de părți interesate în realizarea proiectului;

- stabilirea, analiza și evaluarea soluțiilor de reducere a efectelor negative produse de drum asupra mediului.

Analizele care trebuie făcute pentru evaluarea soluțiilor propuse de diminuare sau eliminare a efectelor negative pe care le are drumul asupra mediului trebuie să se refere la evaluarea următoarelor aspecte:

- impactul privind folosirea terenurilor agricole, forestiere sau de altă natură;
- impactul social (efectul asupra localităților adiacente drumului, asupra zonelor populate, asupra facilităților publice, asupra siguranței publice precum și accesibilitatea întregii populații la artera rutieră propusă);

- impactul privind realocarea acceselor zonelor rezidențiale și comerciale afectate și măsurile necesare pentru asigurarea stabilității sociale sau economice;

- impactul economic și cultural;

- efectul zgomotului produs de traficul rutier și măsurile practice de reducere sau combatere a acestuia;



- impactul asupra calității aerului, a apelor de suprafață și asupra apei din pânza freatică;
- impactul privind modificarea nivelului pânzei freatice cu urmările rezultate asupra florei și faunei;
- impactul asupra rezervațiilor naturale;
- impactul asupra esteticii mediului.

În momentul de față la noi în țară nu există metode de elaborare a studiilor de impact a infrastructurii transporturilor asupra mediului la nivelul satandardurilor aplicate în țările dezvoltate.

Doctorandul își propune continuarea cercetărilor în acest domeniu și supune atenției corpului ingineresc din sectorul de proiectare rutieră câteva principii care ar trebui să stea la baza elaborării metodelor de evaluare a impactului drumului asupra mediului și anume:

◆ la etapa de elaborare a documentațiilor:

- evaluarea peisajului și patrimoniului natural; acest lucru constituie un instrument important pentru stabilirea unor soluții de proiectare adaptate din punct de vedere al mediului înconjurător pentru transporturile rutiere și pentru creșterea credibilității în rândul cetățenilor implicați sau afectați de aceste soluții. Includerea acestor problematici (peisaj și patrimoniu natural) în procesul de evaluare a impactului drumului asupra mediului ar asigura modalități diverse de acțiune și de îmbunătățire a condițiilor de mediu pe parcursul implementării proiectului, ceea ce ar conduce la îmbunătățirea metodelor de proiectare și la o calitate ridicată a drumurilor din punct de vedere al încadrării lor peisagistice și al diminuării impactului lor asupra mediului;

- planificarea folosirii terenurilor și măsurile de conservare a mediului ar determina proiectanții să găsească variante optime de proiectare care să conțină soluții practice pentru amenajările peisagistice, cât și pentru încadrarea optimă a patrimoniului natural și cultural în ambientul existent;

- consultarea populației afectate; această etapă este foarte importantă, după părerea doctorandului și constă în rezolvarea următoarelor probleme:

- identificarea segmentului de populație care urmează să fie afectat de investiția care urmează să fie promovată;

- formularea unor informații concise, clare, pe înțelesul celor care urmează să-și prezinte punctul de vedere față de proiectul prezentat;

- audierea populației afectate de implementarea proiectului și evaluarea propunerilor făcute de aceasta;

- analiza alternativelor și a efectelor negative ale drumului asupra mediului; în această etapă trebuie să se ia în considerare alternativele fezabile din punct de vedere tehnico-economic, inclusiv propunerile venite din rândul populației;

- analiza impactului activităților de execuție și de exploatare a drumului asupra mediului:

◆ la etapa de execuție a drumului trebuie analizate următoarele probleme:

- eroziunea solului;

- impurificarea pânzei freatice;
- gradul de perturbare a florei și faunei ca urmare a realizării amprizei drumului;

- gradul de perturbare a populației datorită zgomotului și noxelor emanate în timpul execuției lucrărilor;

◆la etapa de exploatare a drumurilor se consideră necesară analiza următoarelor aspecte:

- poluarea apelor și a aerului;
- poluarea vegetației riverane;
- poluarea fonică;
- impactul asupra comunităților traversate.

În concluzie, autorul consideră că evaluarea impactului drumului asupra mediului înconjurător, într-o primă etapă, este un aspect deosebit de costisitor, pe termen scurt, dar pe termen lung constituie o preocupare majoră pentru orice colectivitate.

### **3. Soluții tehnice studiate pentru reabilitarea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600**

Drumul național nr. 6 km. 358+000...552+600 face parte din culoarul internațional TEM (TRANS-EUROPEAN NORTH-SOUTH MOTORWAY PROJECT) și este destinat pentru efectuarea transporturilor interne și internaționale.

Cu toate acestea starea tehnică a DN6 este critică (vezi cap . III), condițiile de circulație existente nu asigură desfășurarea traficului existent și de perspectivă în condiții corespunzătoare atât din punct de vedere al siguranței circulației cât și din punct de vedere al desfășurării traseului în plan.

Cercetarea traficului rutier, ca volum și structură, efectuată de doctorand pe sectorul în studiu a condus la abordarea de către autor a unor soluții tehnice moderne și a unor tehnologii eficiente, necesare a fi implementate pentru reabilitarea lui DN6.

Soluțiile tehnice studiate și prezentate în subcapitolele 3.1...3.5. sunt generate de necesitățile cu care se confruntă sectorul de drum studiat (km 358+000..552+600) și încearcă să rezolve următoarele probleme:

- sporirea capacității portante a structurilor rutiere și a podurilor existente pe DN6;
- îmbunătățirea suprafeței de rulare;
- rezolvarea sectoarelor periculoase și mărirea siguranței circulației;
- protecția mediului.

Autorul a făcut studii și experimentări în laborator și în "situ" pentru realizarea unor tehnologii noi, performante, care să poată fi aplicate în procesul de reabilitare a DN6 km 358+000...552+600 și care răspund în mare parte necesităților sectorului

rutier din țara noastră. Aceste tehnologii, împreună cu soluțiile studiate sunt prezentate de autor în subcapitolele ce urmează și au fost structurate în prezentarea lor, funcție de cerințele actuale ale sectorului studiat.

### **3.1. Soluții tehnice pentru sporirea capacității portante a structurilor rutiere existente pe DN6 km 358+000...552+600**

Măsurătorile efectuate cu echipamentul Dynatest 8000 FWD, în iunie 1992, au permis evaluarea capacității portante a structurilor rutiere pe sectorul km 358+000...552+600.

Structurile rutiere existente sunt în general alcătuite dintr-un strat de balast, un strat de bază din piatră spartă (macadam), ambele în grosime totală de 50...55 cm și îmbrăcămintea bituminoasă alcătuită din 2...4 straturi în grosime totală de 6...21 cm sau îmbrăcăminte din beton de ciment în grosime de 18...22 cm.

Concluziile la care s-a ajuns ca urmare a prelucrării datelor obținute prin efectuarea măsurătorilor de capacitate portantă sunt următoarele:

- valoarea medie a modulului de elasticitate dinamică pentru straturile rutiere realizate din mixturi asfaltice este cuprinsă între 871...7019 MPa, lucru care atestă în general calitatea necorespunzătoare a acestor straturi rutiere;

- valoarea medie a modulului de elasticitate dinamică pentru straturile rutiere alcătuite din beton de ciment sunt mai mari de 8000 MPa, lucru care atestă faptul că sectoarele cu îmbrăcămintea din beton de ciment au capacitatea portantă necesară preluării traficului actual și de perspectivă;

- valoarea medie a modulului de elasticitate dinamică a stratului de bază (macadam) din alcătuirea sistemelor rutiere suple este cuprinsă între 162...633 MPa, ceea ce ilustrează calitatea necorespunzătoare a acestora;

- valoarea medie a modulilor de elasticitate dinamică a straturilor de fundație din alcătuirea structurilor rutiere suple este cuprinsă între 16...355 MPa, ceea ce indică slaba calitate a acestora pe cca. 71 % din suprafață;

- valoarea medie a modulilor de elasticitate dinamică a pământului din stratul de fundație este cuprinsă între 46...106 MPa, lucru care atestă capacitatea portantă redusă a acestuia pe cca. 65 % din suprafața investigată;

- valorile deflexiunilor au ilustrat o capacitate portantă rea a structurii rutiere pe 56,4 % din suprafața investigată;

- durata de exploatare reziduală de calcul era în anul 1992 sub 15 ani pe 85,4% din suprafața investigată.

În acest context se impunea adoptarea soluției de reabilitare a sectorului studiat de doctorand, încă din anul 1992, deoarece pe cea mai mare parte a sectorului investigat structura rutieră nu mai poate prelua solicitările datorate traficului actual și de perspectivă.

În tabelul IV.13 sunt prezentate rezultatele prelucrării statistice a modurilor de elasticitate dinamică pentru îmbrăcăminte bituminoasă ( $E_1$ ), pentru materialul din stratul de bază ( $E_2$ ), pentru materialul din stratul de fundație ( $E_3$ ) și pentru pământul de fundație ( $E_4$ ) pe sectoare omogene stabilite pe sectorul DN6 km 473+105...505+000.

Tabelul IV.13.

**REZULTATELE PRELUCRĂRII STATISTICE ALE MODULILOR DE ELASTICITATE  
DINAMICI PE DN6 km. 473+105..505+500 (exemplu)**

Sector km...km	$\theta$ [°C]	Indicatori statistici															
		$E_{1med}$ MPa	$\sigma$ MPa	C, %	$E_{1car}$ MPa	$E_{2med}$ MPa	$\sigma$ MPa	C, %	$E_{2car}$ MPa	$E_{3med}$ MPa	$\sigma$ MPa	C, %	$E_{3car}$ MPa	$E_{4med}$ MPa	$\sigma$ MPa	C, %	$E_{4car}$ MPa
473+105- 475+200	12	4664	-	-	4664	398	163	41	213	236	92	39	132	92	29	32	59
475+200- 477+400	12	4664	-	-	4664	649	130	20	503	387	78	20	299	125	31	25	89
477+400- 479+200	12	4664	-	-	4664	536	216	40	289	319	129	40	172	120	44	37	70
479+200- 483+800	12	4664	-	-	4664	388	113	29	264	237	72	30	158	110	36	33	71
483+800- 488+700	12	4742	946	20	3710	514	192	37	305	320	131	41	177	120	22	18	96
488+700- 490+900	13	7019	1779	25	5003	453	96	21	344	266	59	22	199	118	17	14	99
490+900- 491+500	13	2197	584	27	1335	384	65	17	288	228	39	17	171	112	36	32	59
491+500- 493+700	13	6344	2418	38	3604	438	151	34	267	261	90	34	159	122	22	18	97
493+700- 494+500	13	3990	2193	55	1122	361	152	42	162	215	91	42	96	122	31	25	81
494+500- 501+700	13 18	2571	1524	59	686	656	115	18	518	391	69	18	308	85	23	27	58
501+700- 503+800	18 23	4328	2595	60	1388	733	95	13	625	501	144	29	338	121	13	11	106
503+800- 505+000	23	2220	726	33	1322	754	98	13	633	562	259	46	242	103	31	30	65

### 3.1.1. Refacerea îmbrăcăminților bituminoase uzate prin procedeul Wirtgen.

În scopul refolosirii îmbrăcăminților bituminoase uzate, doctorandul și-a adus contribuția la studiul și implementarea în tehnica rutieră a tehnologiei de refacere și/sau realizare a straturilor rutiere de bază folosind materialele rezultate din frezarea îmbrăcăminților bituminoase uzate, prin procedeul Wirtgen.

Această tehnologie, concepută și realizată pentru prima dată în Germania [30], [15], [96], constă în frezarea îmbrăcămintei bituminoase uzate și transformarea materialelor rezultate din această operație în straturi rutiere noi, care în funcție de capacitatea portantă necesară a se realiza pot fi:

- straturi de fundație, dacă nu se adaugă un liant suplimentar (bitum , ciment sau emulsie + ciment);

- starturi inferioare (de bază), dacă se adaugă un liant suplimentar și agregate (dacă este necesar).

Liantul suplimentar folosit la realizarea straturilor de bază poate fi: emulsie, ciment sau emulsie + ciment.

Tehnologia de realizare a straturilor rutiere din materialele rezultate în urma frezării îmbrăcăminților bituminoase uzate a fost aplicată în două variante: "la cald" și "la rece".

*Procedeul "la cald"* presupune folosirea materialelor rezultate din frezarea îmbrăcămintei bituminoase uzate ca materie primă pentru fabricarea în instalații fixe a amestecurilor asfaltice necesare pentru stratul de bază al structurilor rutiere.

Pe scurt, tehnologia aplicată "la cald" constă în efectuarea următoarelor faze:

- frezarea, pe toată adâncimea, a îmbrăcămintei bituminoase uzate cu freze Wirtgen tip 2100 DC-R;

- transportul materialelor rezultate din frezare pentru introducerea lor în instalații fixe pentru fabricarea amestecurilor asfaltice;

- efectuarea analizelor de laborator ale materialelor rezultate din frezarea îmbrăcămintei bituminoase frezate;

- stabilirea dozajelor pentru fabricarea amestecului asfaltic din materialele recuperate în urma frezării îmbrăcămintei bituminoase uzate și stabilirea cantităților de adaos (bitum și agregate naturale);

- fabricarea amestecului asfaltic conform dozajelor stabilite în laborator;

- transportul amestecului la sectorul de lucru și punerea ei în operă.

Dezavantajul acestei tehnologii constă în faptul că presupune cheltuieli suplimentare (față de tehnologia "la rece") datorită operațiilor de fabricarea a amestecurilor asfaltice în stații fixe și de transport a materialelor rezultate din frezare de la punctul de lucru la șantier și invers.

*Procedeul "la rece"* constă în frezarea îmbrăcămintei bituminoase și folosirea materialelor rezultate pentru realizarea straturilor rutiere la fața locului. Materialele

frezate pot fi folosite atât pentru execuția straturilor de fundație cât și pentru straturile de bază.

De regulă acest procedeu este folosit pentru realizarea stratului de bază în cazul realizării unei structuri rutiere noi. În acest caz procesul tehnologic se realizează cu ajutorul unei baterii de utilaje compusă din:

◆ *utilajul de bază COLD RECYCLER DC-R* care efectuează următoarele operații din procesul tehnologic:

- frezează îmbrăcămintea bituminoasă uzată la o adâncime constantă, programată inițial și asistată de calculator;

- distribuie la fața locului în cordon longitudinal materialul rezultat din frezarea îmbrăcămintei bituminoase uzate;

- îmbunătățește calitățile coezive ale materialului rezultat din frezarea îmbrăcămintei bituminoase uzate prin adăugarea automată și foarte exactă a bitumului de aport (emulsie, ciment sau emulsie + ciment) și a apei tehnologice, ambele conform dozajelor stabilite în laborator; dozarea se face cu ajutorul unui calculator cu care este dotat utilajul;

- amestecă, în "situ", liantul de aport cu materialul rezultat din frezarea îmbrăcămintei uzate și cu agregatele naturale de aport (dacă sunt necesare) și efectuează omogenizarea amestecului; în situația în care este necesar un aport de agregate naturale (pentru mărirea capacității portante) acesta se răspândește înaintea începerii lucrării pe întreaga suprafață a îmbrăcăminții uzate cu ajutorul unui răspânditor autopropulsat;

- așternere la profil atât în secțiune transversală cât și în secțiune longitudinală a materialului frezat cu ajutorul unui șnecl elicoidal și a sistemului de palpatori electronici din dotarea utilajului, executând în același timp și o semicompactare a materialelor repartizate cu ajutorul unei grinzi vibratoare.

Firma Wirtgen fabrică două tipuri de astfel de utilaje cu caracteristicile expuse în tabelul IV.14.

*Tabelul IV.14.*

Tipul utilajului	Adâncimea de lucru [mm]	Lățimea de lucru [mm]	Liantul folosit pentru adaos		
			emulsie	ciment	emulsie + ciment
2100 DC-R	300	2000	da	da	da
1000 C-R	100	1000	da	nu	nu

Este evident că cea mai performantă dintre mașini este cea de tipul 2100 DC-R, care permite frezarea îmbrăcăminților bituminoase în straturi de 300 mm și care face posibilă folosirea ca liant atât a emulsiei cât și a cimentului sau a emulsiei + ciment.

- ◆ *transportorul de emulsie sau/și dozatorul de ciment* care se atașează după caz utilajului de bază și care asigură alimentarea cu emulsie sau ciment a utilajului;

- ◆ *două compactoare*: un compactor pe pneuri cu masa de 10t și un compactor vibrator cu masa de 30t, cu rulouri netede care asigură compactarea stratului realizat.

Se observă că ambele tehnologii refolosec în totalitate îmbrăcămintea bituminoasă uzată, economisindu-se astfel fonduri financiare importante rezultate din economiile de energie, timp și resurse materiale. Se detașează, în mod evident, tehnologia "la rece" prin faptul că este o tehnologie nepoluantă și mai economică decât tehnologia "la cald" datorită costurilor de execuție mai scăzute.

*Doctorandul a studiat și experimentat, împreună cu Grupul de Șantieri Drumuri și Poduri Timișoara, pentru prima oară în România, tehnologia "la rece" în anul 1992, pe DN7 km 473+100...474+300 realizând trei sectoare experimentale de strat de bază folosind ca liant: emulsie, ciment și emulsie + ciment.*

*Straturi rutiere prin tehnologia Wirtgen, folosind ca liant de aport cimentul.*

Această tehnologie a fost experimentată pe DN7 km. 473+100...473+600. Înaintea începerii lucrărilor s-au parcurs următoarele faze:

- inspectarea vizuală a stării de viabilitate a drumului;
- măsurarea capacității portante existente;
- efectuarea sondajelor pentru determinarea structurii existente a drumului și pentru determinarea caracteristicilor mixturii asfaltice vechi; s-au efectuat câte trei sondaje în profil transversal, dispuse unul în axa drumului și câte unul la jumătatea distanței dintre axa drumului și marginea îmbrăcămintei bituminoase, pe ambele benzi de circulație, la distanța de 200 m unul de altul în profil longitudinal;
- elaborarea proiectului de execuție și elaborarea caietului de sarcini;
- efectuarea testelor de calitate a materialelor și lianților de aport.

Tehnologia de execuție a acestor straturi rutiere, constă în realizarea următoarelor faze:

- studii de teren, efectuare de sondaje și prelevarea de probe;
- studii de laborator pentru stabilirea cantităților de material de aport (dacă este necesar), stabilirea granulozității și a adaosului de ciment.

Din cercetările efectuate a rezultat faptul că cimentul trebuie să reprezinte 2...4% din cantitatea de material frezat, dozarea lui făcându-se la m<sup>2</sup> de drum executat, în funcție de adâncimea de frezare (vezi tabelul IV.15.).

*Tabelul IV.15.*

**DOZAREA CIMENTULUI FUNCȚIE DE ADÂNCIMEA DE FREZARE**

Adaos de ciment [%]	Densitatea în stare uscată [t/m <sup>3</sup> ]	Necesar de ciment funcție de adâncimea de frezare [kg/m <sup>2</sup> ]		
		10 cm	20 cm	30 cm
2	2,1	4,2	8,4	12,6
	2,2	4,4	8,8	13,2
	2,3	4,6	9,2	13,8
3	2,1	6,3	12,6	18,9
	2,2	6,6	13,2	19,8
	2,3	6,9	13,8	20,7
4	2,1	8,4	16,8	25,2
	2,2	8,8	17,6	26,4
	2,3	9,2	18,4	27,6

•răspândirea cimentului în cantitatea rezultată din studiile de laborator cu ajutorul distribuitorului de material;

•răspândirea materialului de aport, criblură, pietriș etc., dacă este cazul, cu ajutorul distribuitorului de material;

•frezarea îmbrăcăminteii și amestecarea materialului *in situ*, asigurându-se umiditatea optimă prescrisă, cu ajutorul microprocesorului cu care este echipat utilajul de frezat; materialul frezat și omogenizat este depus de către utilaj în cordon în lungul drumului;

•amestecarea la profil a materialului din cordon cu ajutorul șnecului și a grinzii finisoare, dirijată prin microprocesor. În urma acestei operații, se asigură și o semicompactare a materialului prin vibrarea realizată de grinda finisoare;

•compactarea se realizează cu compactoare pe pneuri de 10t în tandem cu compactoare vibratoare; se recomandă să se execute între 10...17 treceri cu ambele compactoare.

Cercetările întreprinse de doctorand au condus la concluzia că dacă peste stratul de bază astfel realizat, se aștern alte straturi de mixtură asfaltică, este necesar să se taie rosturi de lucru, în cazurile în care intervine unul din criteriile enumerate mai jos:

•dacă grosimea stratului realizat este  $> 20$  cm;

•dacă grosimea stratului de mixtură asfaltică așternută peste stratul de bază este  $< 14$  cm.

Nu sunt necesare rosturile în situația unui drum cu trafic redus.

*Straturi rutiere executate prin tehnologia Wirtgen, folosind ca liant de aport emulsia bituminoasă*

Experimentul folosind această tehnologie l-am efectuat pe sectorul DN7 km 473+600...474+000, pe o lungime de 400 m.

Emulsia folosită ca liant pentru realizarea stratului de bază poate fi emulsia cationică sau/și cea anionică. Se recomandă emulsia cationică, având un timp de rupere mai mic, cu un conținut de bitum în emulsie  $> 60$  %.

Pentru stabilirea conținutului de emulsie, necesar pentru realizarea mixturii asfaltice la rece din materialele rezultate din frezarea îmbrăcăminteii bituminoase uzate, este necesar să se efectueze analize de laborator atât asupra materialului rezultat din frezare (mixtura asfaltică recuperată) cât și asupra emulsiei bituminoase folosite, pentru a stabili următoarele:

•granulozitatea materialului rezultat din frezare;

•cantitatea de agregate naturale de aport (dacă în urma calculelor de dimensionare a rezultat acest lucru);

•calitățile liantului din mixtura asfaltică veche;

•compatibilitatea emulsiei folosite cu liantul existent în mixtura asfaltică veche.

Conținutul de emulsie stabilit pe baza cercetării de laborator și a experimentărilor din teren, este redat în tabelul IV.16, și a fost determinat în funcție



de adâncimea de frezare și conținutul de bitum al mixturii asfaltice vechi, în așa fel încât să rezulte o mixtura asfaltică cu un conținut de bitum de 5,5 %.

Tabelul IV.16.

**DOZAREA EMULSIEI**

Conținutul de bitum din mixtura asfaltică veche [%]	Necesarul de emulsie pentru un conținut de 5,5% bitum în mixtura nouă [%]	Necesarul de emulsie funcție de adâncimea de fundare [kg/m <sup>2</sup> ]			
		8 cm	10 cm	12 cm	15 cm
3 %	4	7,60	9,60	11,50	14,30
4 %	2,4	4,60	5,75	6,90	8,60
5 %	0,8	1,60	1,90	2,30	2,80

Fazele de execuție sunt cele enunțate la primul procedeu prezentat, cu mențiunea că îmbrăcămintea se compactează până la eliminarea completă a apei de aport și a apei rezultată din emulsie. Numărul de treceri cu cele două compactoare trebuie să fie cuprins între 12...19 treceri.

*Straturi rutiere executate prin tehnologia Wirtgen, folosind ca liant de aport emulsia bituminoasă + ciment*

Această tehnologie a fost realizată pe sectorul DN7 km 474+000...474+300 și s-a folosit ca liant emulsia + cimentul pentru realizarea mixturii asfaltice la rece.

De regulă această tehnologie se aplică atunci când grosimea îmbrăcămintei bituminoase vechi este de 8...10 cm și pentru realizarea modulului de deformare proiectat al stratului de bază este nevoie de o cantitate suplimentare de agregate naturale. Din experimentările pe care le-am făcut am ajuns la concluzia că pentru o adâncime de frezare de cca. 10 cm și un aport de 30...40 kg/m<sup>2</sup> de agregate naturale (criblură, pietriș etc.) este necesară folosirea liantului în proporție de 1,5...2,0 % pentru emulsie și 3,5...4,0 % pentru ciment.

Fazele de lucru sunt cele prezentate anterior, cu mențiunea că dozarea cimentului se poate face fie prin dozatorul utilajului, când acesta este dotat cu astfel de dispozitiv, fie prin răspândirea cimentului în cantitatea descrisă pe unitatea de măsură, pe întreaga suprafață de frezat, manual sau cu răspânditorul de tip URMA-10.

Compactarea se face prin efectuarea a 12...15 treceri cu compactorul vibrator și 7...9 treceri cu compactorul cu pneuri.

După 5 ani de exploatare, sectoarele experimentale efectuate și descrise anterior se prezintă bine, iar rezultatele încercărilor de laborator pe probe prelevate în anul 1997 de pe aceste sectoare sunt redată în tabelul IV.17.

Tabelul IV.17.

**ANALIZE EFECTUATE PE PROBE DE MIXTURĂ PE DN7 KM. 473+100...474+300**

Poziția kilometrică	473+200 dr.	473+300 dr.	473+800 dr.	473+900 st.	474+100 dr.	474+300 st.
Conținutul de bitum [%]	-	-	5,4	5,5	5,0	4,9
Densitatea apa-rentă pe cilindrii Marshall [kg/m <sup>3</sup> ]	-	-	2323	2327	2380	2350
Absorbția de apă pe cilindrii Marshall [%]	-	-	4,0	4,2	4,7	4,6
Rezistența la compresiune la 22°C [N/mm <sup>2</sup> ]	-	-	3,0	3,2	3,5	3,52
Rezistența la compresiune la 50°C [N/mm <sup>2</sup> ]	-	-	1,42	1,50	1,54	1,55
Stabilitatea Marshall [kN]	-	-	5,0	5,2	5,2	5,30
Indice de curgere [mm]	-	-	2,7	2,8	2,70	2,73
Rezistența la compresiune la 7 zile [N/mm <sup>2</sup> ]	1,5	1,4	-	-	1,5	1,5
Rezistența la compresiune la 28 zile [N/mm <sup>2</sup> ]	2,9	2,8	-	-	2,9	2,80
Stabilitatea la apă $\Delta RC^1$	25,9	25,8	-	-	25,7	25,7
$U_i^2$	3,8	3,7	-	-	3,7	3,6
$A_i^3$	12,2	12,0	-	-	12,0	11,9

Tabelul IV.18.

**SECTOARE EXECUTATE ÎN CADRUL D.R.D.P. TIMIȘOARA  
FOLOSIND TEHNOLOGIA WIRTGEN**

DN	Sectorul executat km...km	Lungimea [m]	Liantul folosit	Modul de acoperire
79	4+150...5+620	2.600 (4 benzi)	emulsie	tratament
	9+500...12+300		emulsie	tratament parțial BA25
	28+700...31+200		emulsie	
	40+000...41+500		emulsie	
79A	104+000...110+000	6.000	emulsie	tratament
7	547+900...549+900	2.000	emulsie	tratament
57	155+000...260+100	5.100	ciment	tratament
	154+000...155+000	1.000	ciment	BA16
59	36+500...39+400	2.900	emulsie	tratament
	49+300...62+700	13.400	emulsie	tratament
	60+000...61+100	1.100	emulsie	tratament
6	550+900...551+600	1.400 (4 benzi)	emulsie	șlam
Total		40.300		

Înainte de execuție și în timpul execuției s-au prelevat probe atât din materialul rezultat din frezarea îmbrăcăminte bituminoase uzate cât și din mixtura asfaltică realizată la rece prin procedeul Wirtgen (tabelul IV.18), probe care au fost analizate în Laboratorul Central al DRDP Timișoara și ale căror rezultate sunt prezentate în tabelul IV.19.

Tabelul IV.19.

**REZULTATELE MEDII ALE ÎNCERCĂRILOR DE LABORATOR PE MIXTURĂ  
ASFALTICĂ EXECUTATĂ LA RECE PRIN TEHNOLOGIA WIRTGEN (exemplu)**

**DN57 km 155+700...159+000**

Poziție km.	155+700 dr.		156+300 fl. st.		156+600 st.		156+500 dr. II		157+800 dr.		158+600 st.		158+250 dr.		158+200 dr.		159+000	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Conținut bitum [%]	6,2		6,8		8,7		6,2		8,4		8,3		6,8		7,0		6,3	
Compoziție granulometrică																		
T <sub>0,09</sub>	-	6,6	-	7,1	-	6,4	0,1	4,8	-	7,1	-	9,5	0,5	10,4	0,5	6,8	0,2	7,7
T <sub>0,2</sub>	0,5	13,3	0,4	11,8	-	15,2	0,7	9,6	0,6	16,3	-	21,0	2,3	25,1	2,0	12,3	1,3	18,0
T <sub>0,6</sub>	1,2	30,3	2,0	28,0	0,3	31,3	2,2	30,2	3,8	35,5	0,4	38,2	10,0	45,6	9,7	35,2	7,3	88,3
T <sub>3</sub>	23,7	71,5	36,5	70,0	1,0	64,3	16,7	66,6	33,1	67,4	9,3	65,0	47,6	72,4	53,2	39,9	42,2	72,4
T <sub>8</sub>	47,9	83,9	60,1	84,7	35,5	87,4	39,9	86,0	54,2	84,0	24,3	81,7	77,9	88,3	81,3	87,3	75,2	88,2
T <sub>16</sub>	77,5	91,4	81,3	93,6	66,8	100	63,6	100	69,3	95,2	45,5	94,4	100	95,0	99,7	97,4	97,3	97,4
T <sub>25</sub>	93,8	100	97,6	100	86,7	-	81,6	-	76,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T <sub>30</sub>	100		100		100		100		100		100		100		100		100	

Tabelul IV.20.

**REZULTATELE MEDII ALE ÎNCERCĂRILOR DE LABORATOR PE MIXTURĂ  
ASFALTICĂ EXECUTATĂ LA RECE PRIN TEHNOLOGIA WIRTGEN**

**ÎN PERIOADA 1996...1997 (exemplu de pe DN59)**

Poziție km.	37+700 f.III		36+900 f.III		38+000 f.c.		37+550 f.III		37+650 f.II		37+800 f.I dr.	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Conținut bitum [%]	7,4		8,5		8,3		7,7		7,2		7,6	
Compoziție granulometrică												
T <sub>0,09</sub>	0,2	9,4	0,2	10,3	0,2	8,25	0,4	10,5	0,7	6,6	0,3	3,7
T <sub>0,2</sub>	0,3	20,1	0,3	26,7	0,3	15,95	0,2	19,9	1,3	17,2	0,4	9,3
T <sub>0,6</sub>	1,5	40,4	0,6	43,0	1,2	39,2	7,5	34,9	9,5	33,8	3,2	25,1
T <sub>3</sub>	25,1	73,6	10,2	67,4	23,8	71,4	39,2	60,6	41,2	59,9	32,2	53,4
T <sub>8</sub>	52,2	91,1	31,2	81,1	17,9	88,05	63,8	77,6	65,8	83,4	58,6	81,1
T <sub>16</sub>	76,0	100	56,9	96,1	76	98,7	86,6	92,1	84,9	96,7	79,0	93,9
T <sub>25</sub>	89,0		78,7	100	91,3	100	96,0	100	97,9	100	89,0	100
T <sub>30</sub>	100											

Legendă: A - granulozitatea agregatelor naturale înainte de extracție;

B - granulozitatea agregatelor naturale după extracție.

### Concluzii și propuneri

Studiile și investigațiile făcute de autor asupra comportării în exploatare a acestor sectoare au dus la concluzia că:

- tehnologia Wirtgen prezentată se poate executa în variantă "la cald", variantă pe care nu o recomandăm datorită costurilor de producție ridicate și datorită gradului mare de poluare și în variantă "la rece", variantă economică și ecologică, pe care doctorandul a promovat-o pentru prima dată în România în anul 1992 și pe care o recomandă ca urmare a rezultatelor obținute după 5 ani de exploatare (tabelul IV.17.);

- straturile rutiere executate prin tehnologia Wirtgen "la rece" folosesc în întregime materialele rezultate prin frezarea îmbrăcămintei bituminoase uzate. Prin acest procedeu se pot realiza atât straturi de fundație, când materialele rezultate din frezare sunt în stare necoezivă, cât și straturi de legătură, când mixtura asfaltică rezultată din frezare este tratată cu liant de aport (emulsie, ciment, emulsie + ciment);

- în funcție de traficul rutier preluat de drumul pe care se aplică tehnologia Wirtgen este necesar ca stratul rutier realizat din mixtură asfaltică la rece să fie acoperit cu noi straturi rutiere și anume: tratament bituminos sau șlam bituminos pentru drumurile cu trafic ușor și foarte ușor, unde  $MZA < 150 A13/zi$  și modulul de deformație  $E < 515 \text{ daN/cm}^2$ ; strat de uzură pentru drumurile cu trafic mediu care au  $MZA < 700 A13/zi$  și  $E < 635 \text{ daN/cm}^2$ ; mai multe straturi (minim două), pentru drumuri cu un trafic greu și foarte greu, pentru care  $MZA > 700 A13/zi$  și  $E > 635 \text{ daN/cm}^2$ .

Se poate observa că această tehnologie are un domeniu larg de utilizare, ea constituind o soluție ieftină de refacere a drumurilor cu trafic ușor și foarte ușor și este utilizată de regulă pentru realizarea stratului de bază în cazul ranforsării sau reabilitării drumurilor.

- soluțiile experimentate și prezentate în acest capitol, pot deveni, după părerea autorului, tehnologii pentru refacerea îmbrăcămintelor bituminoase pentru străzile din orașe și municipii, care din cauza profilului transversal nu mai permit ranforsarea cu straturi rutiere suplimentare;

- pentru acoperirea îmbrăcămintei bituminoase executate la rece prin procedeul Wirtgen, doctorandul a experimentat și studiat următoarele variante, care pot fi aplicate după cum urmează: tratament bituminos pentru drumuri cu trafic foarte ușor; șlam bituminos pentru drumurile cu trafic ușor și în special pentru străzile din orașe și municipii; șlam bituminos sau un strat din mixtură asfaltică B.A.16 pentru drumuri cu trafic mediu; două sau mai multe straturi de mixtură asfaltică pentru drumuri cu trafic greu și foarte greu;

- tehnologia "la rece" pentru realizarea straturilor rutiere în situ, folosind materiale rezultate din frezarea îmbrăcămintei bituminoase uzate este o tehnologie rapidă (se pot realiza într-o oră cca. 50 m de strat rutier nou pe lățimea de 7 m), economică (1 km de strat de bază folosind emulsia bituminoasă ca liant de aport costă cca. 22.000 \$). Din aceste considerente, tehnologia Wirtgen corespunde pe deplin intereselor actuale ale Administrațiilor de Drumuri (naționale și județene);

- tehnologia Wirtgen, fiind o tehnologie ecologică, răspunde foarte bine principiilor promovate de doctorand, de a implementa în tehnica rutieră românească tehnologii rutiere moderne și ecologice. Faptul că tehnologia este nepoluantă sau cu efecte negative reduse asupra mediului se datorează în principal faptului că lucrările se execută "la rece" iar utilajele folosite pentru realizarea acestor lucrări sunt foarte performante, având un grad de poluare redus;

- pentru studiul efectuat de autor, care face obiectul prezentei teze de doctorat această tehnologie poate fi aplicată pentru realizarea stratului de bază pe DN6 km 455+500...552+600.

În acest sens, doctorandul a făcut demersurile necesare pentru ca această tehnologie să fie cuprinsă în tema de proiectare și în caietul de sarcini ce se va elabora în vederea realizării reabilitării drumului național nr. 6, km. 358+000...552+600.

### 3.1.2. Straturi rutiere armate cu geogrilă

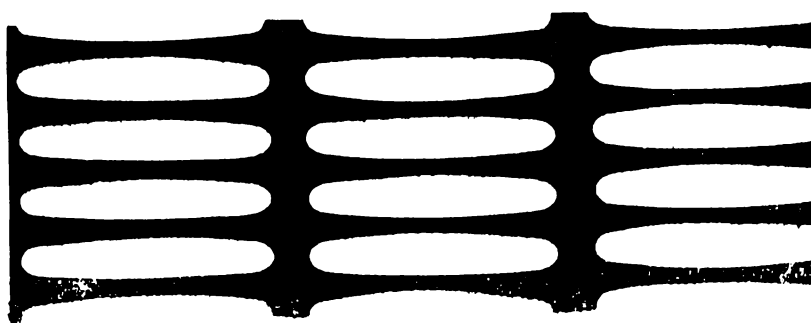
Geogriile sunt rețele formate din nervuri și noduri, fabricate din plăci de mase plastice având anumite grosimi, perforate cu un model regulat de găuri circulare, la anumite temperaturi, care aduc polimerul în domeniul vâscoelastic, prin etirare. Acest proces de fabricație determină alinierea moleculelor, creșterea de 2-3 ori a rezistenței la întindere și reducerea alungirii la rupere a masei termoplastice.

Etirarea se face pe una sau două direcții și conduce la structuri polimerice a căror rezistență se apropie de cea a oțelurilor tari. Materialele plastice fiind vâscoelastice, performanțele geogriilor depind de temperatura mediului ambiant, de mărimea solicitărilor și de durata de acțiune a forțelor exterioare.

Stabilitatea geogriilor la razele ultraviolete se asigură prin includerea în compoziția materiei prime a unei doze optime de negru de fum. Domeniul de temperatură în care sunt exploatate este cuprins între  $-50...180\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sunt insensibile la soluțiile apoase la săruri, acizi, baze și alcooli din natură. Stabilitatea lor biologică se datorează densității lor și nu reprezintă mediu nutritiv pentru microorganisme. În aer liber proprietățile geogriilor se conservă și la o expunere continuă de peste 15 ani. Totodată sunt ușoare, fapt ce determină micșorarea costului transporturilor, manevrarea lor fără dificultăți și reducerea manoperei. Durata de exploatare a geogriilor este de 120 ani.

Principalele tipuri de geogrilă care se folosesc în prezent sunt:

- geogriile monoetirate, (fig.IV.1) fabricate din polietilenă, având masa de  $0,50...1,10\text{ kg/m}^2$ , lățimea de 1 m, lungimea de 30...50 m și rezistența admisibilă la tracțiune de  $55...110\text{ kN/m}$ ;



*Fig. IV.1. Geogrilă monoetirată.*

- geogriile bietirate, (fig.IV.2) fabricate din polipropilenă, având masa de 0,20...0,55 kg/mp, lăţimea de 3...4 m, lungimea de 50 m şi rezistenţa admisibilă la tracţiune de 12,5...24 kN/m în lung şi de 20,5...42 kN/m transversal.

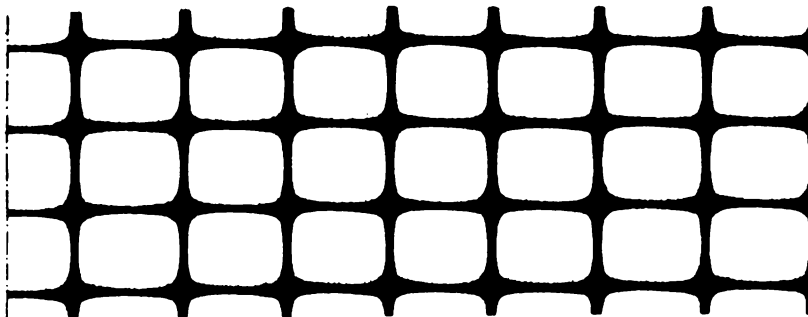


Fig. IV.2. Geogriile bietirate.

Aceste tipuri de geogriile au fost folosite pentru ranforsarea drumurilor în (Franța, Anglia, SUA, Japonia), pentru construcția terasamentelor căilor ferate de mare viteză (Franța, Japonia), pentru repararea aeroportului din Mexic City. În țara noastră geogriile au fost folosite pentru prima dată în anul 1988 realizându-se un sector experimental cu geogriile fabricate din polipropilenă în cadrul DRDP Iași. În anul 1989 s-a realizat o linie tehnologică de fabricare a geogriilor, care în 1990 a produs primele geogriile etirate în lungime, având următoarele caracteristici: masa de  $500 \text{ g/cm}^2$ , rezistență la rupere de 20 kN/m și lăţimea de 36 cm.

### 3.1.2.1. Interacțiunea geogrilă - strat rutier

*Absorbția eforturilor statice.* Armarea cu geogriile se deosebește de procedeele de armare tradiționale prin faptul că granulele stratului rutier comunică între ele prin ochiurile rețelei (fig.IV.3). Continuitatea acestui strat este îmbunătățită prin compactarea și acțiunea sarcinilor utile. În aceste condiții, pentru deplasarea relativă a geogrii, trebuie să se formeze două planuri de alunecare (între materialul granular și stratul armat cu geogriile).

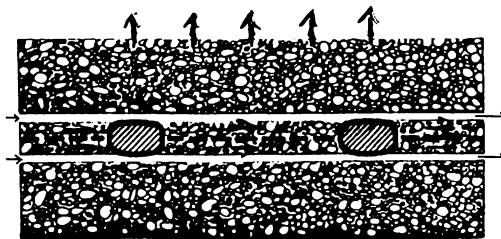


Fig. IV.3. Armarea straturilor rutiere cu geogridurile.

Planul de deasupra propune formarea unor forțe orizontale, iar cel inferior învingerea forțelor de forfecare. Cele două tipuri de forțe din planul de alunecare sunt echivalente cu o rezistență intrinsecă la întindere a stratului granular, la care se adaugă rezistența granulelor din ochiurile rețelei. La aceste clarificări s-a ajuns prin încercările de smulgere efectuate în caseta mare de forfecare, pe plan obligat, pe baza fotografiilor efectuate cu raze X. Valorile forțelor de smulgere și ale unghiului de frecare interioară depind de mărimea ochiurilor rețelei și dimensiunile granulelor.

Geogridurile consolidează straturile armate în două moduri:

primul este prin transferarea eforturilor unitare locale de forfecare a straturilor la geogridurile, pe toată lungimea lor, micșorându-se eforturile din strat, iar al doilea constă în redistribuirea continuă a eforturilor unitare din zonele mai solicitate în cele mai puțin solicitate.

*Absorbția eforturilor dinamice.* Acțiunile dinamice au efecte locale mai restrânse decât acțiunile statice.

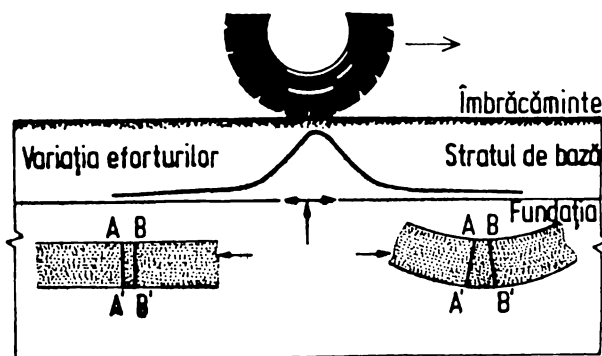


Fig. IV.4. Acțiunea dinamică asupra straturilor armate cu geogridurile.

Efectul cumulativ al acțiunilor dinamice, prin încovoieră, produce spre partea inferioară a straturilor, deformații ce duc la dispersia granulelor (fig. IV.4). Această acțiune este accentuată de fenomenul de pompaj, când prin spațiile mai mari dintre granule, particulele fine de pământ din stratul inferior sunt antrenate în sus.

Prin plasarea la partea inferioară a fundației a unei geogrilă se împiedică deplasarea laterală a granulelor și se diminuează sensibil atât deformațiile cât și pomparea particulelor fine, argiloase și prăfoase de pământ, de jos în sus.

În practică particulele fine de la partea inferioară a fundației, pot forma un filtru stabil, care reduce la minim migrarea particulelor, iar stratul de fundație devine un dren ce asigură dispersarea apei din pori și deci menținerea neschimbată a rezistenței fundației. Efectul armării se datorează rezistenței la tracțiune ridicată a geogrilă iar blocarea granulelor în ochiurile rețelei asigură mecanismul de transfer de la strat la geogrilă. Crește astfel rezistența straturilor la tasările inegale.

*Grosimea straturilor armate cu geogrilă.* Pentru examinarea relației dintre rezistența patului de pământ și grosimea structurii rutiere în Franța s-au studiat rezultatele a 5000, 10000 și 100000 treceri standard ale osiilor de 80 kN și 160 kN peste structuri rutiere armate cu geogrilă. Tasarea maximă admisă în calcul a fost de 40 mm. Din diagramele prezentate în fig. IV.5 se observă că în toate cazurile se pot obține reduceri ale grosimii fundației de până la 40 %.

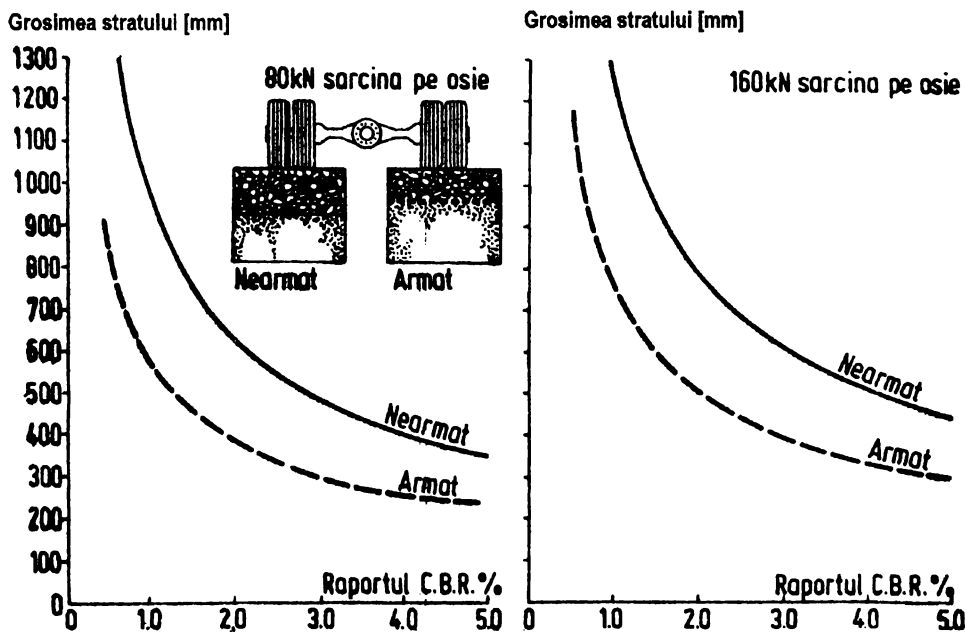


Fig. IV.5. Variația grosimii straturilor rutiere armate cu geogrilă.

Inserând geogrilă în asfalt se obține un material comparabil cu betonul armat. Prin ochiurile lor, geogrilă îmbunătățesc sensibil continuitatea stratului din mixtură asfaltică. Ele se comportă bine în aceste straturi și sunt stabile la variațiile de temperaturi între -40...180 °C.



### 3.1.2.2. Armarea straturilor bituminoase cu geogriile

Armarea straturilor bituminoase cu geogriile conduce la îmbunătățirea rezistențelor la întindere, la încovoiere, la oboseală și la o mai bună repartizare a eforturilor unitare provenite din trafic și din variații de temperatură în materialul respectiv, fapt care implică prelungirea duratei de exploatare.

Doctorandul a experimentat în vara anului 1993, pe DN68 A Lugoj - Iliia km 75+100...75+250 pe o suprafață de 500 m<sup>2</sup> și pe DN66A Petroșani - Câmpul lui Neag km 2+240...3+000 pe o suprafață de 700 m<sup>2</sup> armarea straturilor bituminoase noi realizate pentru întreținerea sectoarelor respective, cu geogriile tip TENSAR-AR, cu ochiuri dreptunghiulare produse în Anglia.

Pe primul sector (DN68A km 75+100...75+250) rolul geogriilelor a fost de a împiedica transmiterea fisurilor din îmbrăcămintea din beton veche în stratul bituminos nou realizat în grosime de 6 cm și de a arma acest strat, iar pe al doilea sector (DN 66 A km 2+240...3+000) rolul geogriilelor a fost de a îmbunătăți caracteristicile mecanice a stratului bituminos nou creat (în grosime de 3,5 cm) prin armarea acestuia cu o rețea de geogriile.

În ambele cazuri procesul tehnologic de execuție a fost următorul:

- s-au executat lucrările de reparații a defecțiunilor din partea carosabilă cu 2...3 săptămâni înainte de aplicarea geogriilelor;
- înainte de execuția straturilor bituminoase armate cu geogriile s-a curățit partea carosabilă prin utilizarea periilor mecanice;
- s-au întins geogriilele TENSAR-AR astfel:
  - s-a acoperit integral suprafața în execuție cu geogriile prin derularea roletelor, a căror lungime era de 50 m și lățimea de 3,80 m.
  - îmbinările necesare s-au realizat pe 10 cm (lățimea a două ochiuri ) cu ajutorul unor inele speciale puse la dispoziție de furnizor, fixarea lor făcându-se în zona nervurilor longitudinale pentru a se evita încrețirea în momentul tensionării.
  - unul din capetele geogriilei s-a fixat de îmbrăcămintea existentă cu clemele de fixare special adaptate, cu ajutorul unui pistol pneumatic cu cuie;
  - s-a întins și tensionat geogriilele cu ajutorul unei grinzi metalice atașată compactorului cu rulouri netede de pe șantier, capătul rămas liber fiind fixat cu cleme de fixare;
  - s-a repartizat emulsia bituminoasă cu rupere rapidă (E.B.C.R. 60) în cantitate de 0,8... 1,0 kg/m<sup>2</sup> , pentru amorsarea și fixarea geogriilei;
  - după ruperea emulsiei s-a așternut cu răspânditorul mecanic beton de criblură 8...16, în cantitate de 12...14 kg/m<sup>2</sup> și s-a procedat la 2...3 treceri cu compactorul cu rulouri netede, pentru fixarea agregatului natural;
  - s-a îndepărtat criblura alergătoare și s-a executat stratul de legătură din B.A.B.25 cu o grosime de 4 cm (redus cu 40% față de grosimea rezultată din calcul de dimensionare);

•s-a executat stratul de uzură din B.A.16, cu o grosime de 4 cm, după care sectorul s-a dat în circulație .

După patru ani de exploatare în urma verificării sectoarelor s-a constatat următoarele:

- pe sectorul DN68A km 75+100...75+250, unde s-au folosit geogriile pentru limitarea transmiterii fisurilor în îmbrăcămintea bituminoasă nou realizată, am constatat că numărul fisurilor s-a redus la jumătate față de cele inventariate pe sectorul martor (fără geogriile). Deschiderea fisurilor apărute pe sectorul experimental sunt mai mici decât cele apărute pe sectorul martor. De asemenea , nu s-a inventariat nici o crăpătură pe întreg sectorul experimental executat.

- pe sectorul DN66A km 2+240...3+000, unde geogriile au fost folosite pentru armarea îmbrăcămintei bituminoase noi realizată pentru întreținerea sectorului respectiv, am constatat că aceasta se prezintă bine din punct de vedere al viabilității (pe acest sector nu s-a inventariat nici o defecțiune).

- grosimile straturilor noi din mixtură asfaltică realizată pe ambele sectoare s-a redus cu 40 % , iar durata de exploatare se apreciază că va crește de 3...6 ori.

- până în anul 1997 nu au apărut fâgașe, pe nici unul din sectoarele experimentale, datorită faptului că armarea straturilor bituminoase cu geogriile a condus la diminuarea deformațiilor locale.

### 3.1.2.3. Concluzii și propuneri

Studiile documentare, precum și cercetările și experimentările proprii efectuate și prezentate în acest subcapitol permit formularea următoarelor concluzii și propuneri:

- în tehnica rutieră mondială se folosesc două tipuri de geogriile fabricate din polietilenă și anume geogriile monoetirate și bietirate în țara noastră fabricându-se începând cu anul 1990 ambele tipuri.

- geogriile se folosesc de regulă pentru armarea straturilor de fundații sau a straturilor bituminoase. Se pot utiliza în tehnica rutieră și pentru consolidarea rambleurilor sau a taluzelor înalte, lucru pe care l-am experimentat începând cu anul 1997 la consolidarea ramblurilor de pe DN 67 D km 92+200.

- folosirea geogriilor în straturile bituminoase sau în straturile de fundație conduce la reducerea grosimii acestora cu până la 40 % , lucru care atrage după sine reducerea costurilor de execuție a acestor straturi rutiere cu 20...40 % din valoarea lor.

Contribuția personală a doctorandului la utilizarea geogriilor în tehnica rutieră românească este aceea de promovare a acestei tehnologii în cadrul D.R.D.P. Timișoara și de a fi participat efectiv la execuția lucrărilor experimentale pe DN66A, DN68A și pe DN67D.

Sectoarele experimentale realizate se vor menține sub observație și se va analiza eficiența geogrilelor vizavi de durata de transmitere a fisurilor prin îmbrăcămintea bituminoasă armată în raport cu sectorul martor (nearthat). De asemenea se va analiza și constata influența pe care o au geogrilele asupra măririi duratei de exploatare a sectoarelor executate cu mixtură asfaltică armată.

### 3.1.3. Straturi rutiere din materiale tratate cu lianți puzzolanici

Lianții puzzolanici au apărut în tehnica rutieră ca o necesitate a înlocuirii parțiale a lianților hidraulici utilizați pentru construcția straturilor rutiere, ca urmare a crizei energetice și cu efecte asupra micșorării costului lucrărilor.

Lianții puzzolanici sunt materiale silicoase sau silico-aluminoase, care conțin compuși ce se combină cu varul sau cimentul în prezența apei la temperatură obișnuită, dând naștere la noi compuși, greu solubili în apă, care manifestă proprietăți liante.

Clasificarea lianților puzzolanici utilizați sau cu posibilități de utilizare în tehnica rutieră românească este prezentată în fig. IV.6'.

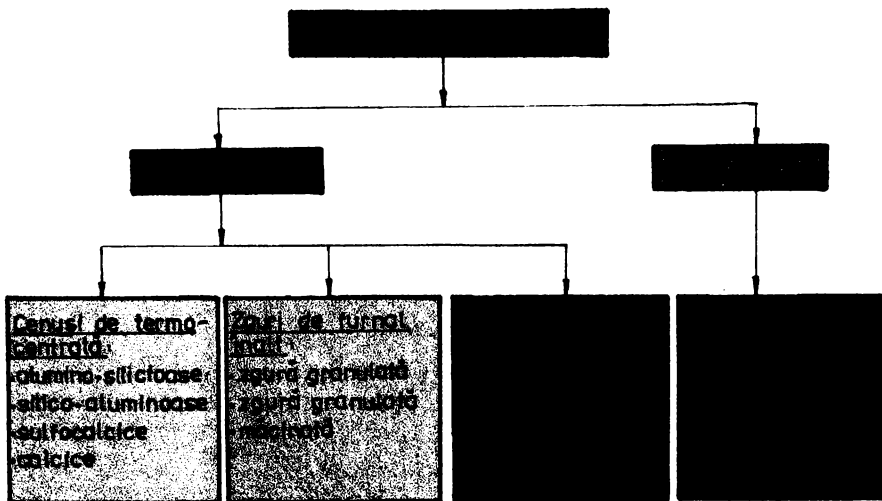


Fig. IV.6'. Clasificarea lianților puzzolanici.

### 3.1.3.1. Principii privind stabilirea dozajelor optime

Având în vedere diversitatea de materiale ce se pot stabili cu lianți hidraulici sau lianți puzzolanici, stabilirea dozajelor optime este diferită. În cazul cimentului, unde procesul de fabricație permite stabilirea exactă a caracteristicilor acestuia, este posibilă dozarea fir pe baza unor abace (fig. IV.6), fie pe baza unor relații de calcul:

$$C = 730 \times \frac{R_{c7}}{M_c} \quad [\text{kg/m}^3] \quad (\text{IV.8})$$

în care:

C este dozajul de ciment, în  $\text{kg/m}^3$  de material stabilizat;

$R_{c7}$  - rezistența la compresiune pe prese păstrate 7 zile în atmosferă umedă, în  $\text{daN/cm}^2$ ;

$M_c$  - marca cimentului folosit, în  $\text{daN/cm}^2$ .

Pentru lianții puzzolanici obținerea unor astfel de monograme sau relații de calcul este mai dificilă, având în vedere modul lor de proveniență și multitudinea caracteristicilor aleatoare, care influențează activitatea lor hidraulică. În aceste condiții este obligatoriu să se facă investigații asupra proprietăților lor hidraulice, după care să se stabilească pe bază de încercări de laborator dozajele folosite la stabilizarea agregatelor naturale.

Pentru obținerea unor reacții de hidratare corespunzătoare în prezența unui activator, lianților puzzolanici le este necesară o anumită compoziție chimică și mineralogică, precum și unele proprietăți fizice specifice.

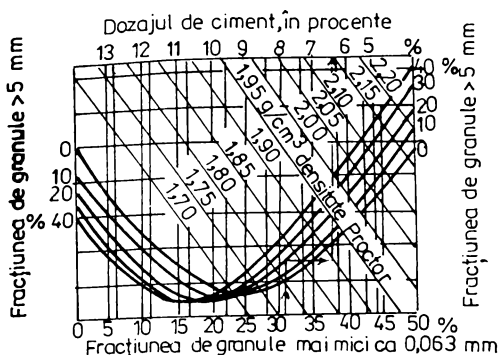


Fig. IV.6. Abacă pentru stabilirea dozajului de ciment.

- Compoziția chimică a lianților puzzolanici - Compoziția chimică a lianților puzzolanici se poate determina prin analiză chimică completă sau/și prin analiză diferențială a principalilor componenți oxidici, care în cazul lianților puzzolanici

sunt: bioxidul de siliciu ( $\text{SiO}_2$ ), trioxidul de aluminiu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), oxidul de calciu ( $\text{CaO}$ ), și oxizii de fier ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). În afara principalilor produși oxidici sus-menționați, lianții puzzolanici mai conțin: oxid de magneziu ( $\text{MgO}$ ), protoxid de potasiu ( $\text{K}_2\text{O}$ ), protoxid de sodiu ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), anhidrică sulfurică ( $\text{SO}_3$ ), etc.

În aceste condiții, analizarea lianților puzzolanici din punct de vedere chimic se face cu ajutorul sistemului  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , în care intră principalii compuși oxidici care influențează reacția puzzolanică (fig. IV.7.).

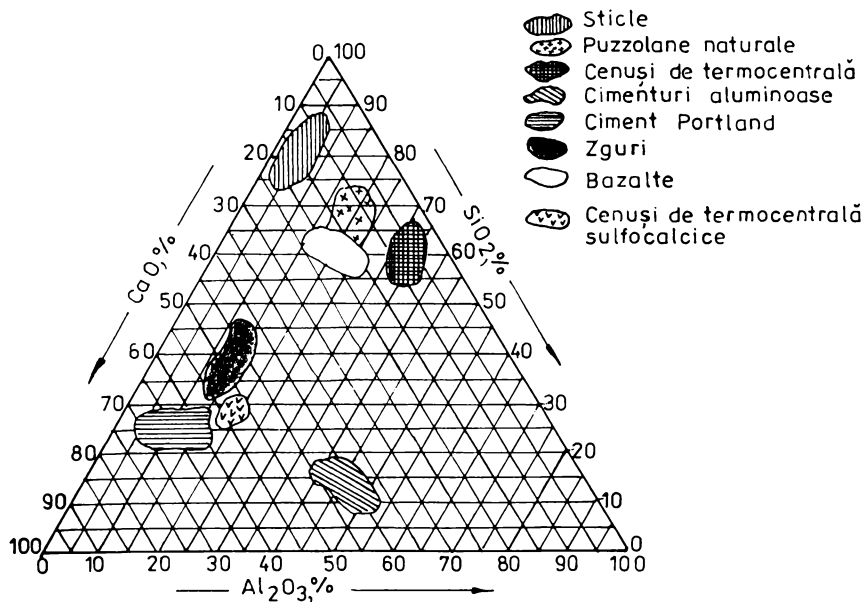


Fig. IV.7. Locul lianților puzzolanici în sistemul  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ .

Principalul compus oxidic care influențează activitatea puzzolanică este oxidul de calciu ( $\text{CaO}$ ), calitatea liantului crescând o dată cu cantitatea de  $\text{CaO}$  încorporată (mai mare la cenușile calcice și sulfocalcice și la zgurile granulate și mai mică la ceilalți lianți puzzolanici).

Nu se va uita însă că lianții puzzolanici sunt rezultatul unor procese termice prin care o parte a oxidului de calciu a devenit inactiv prin supraardere și doar  $\text{CaO}$  liber este cel care intră în noi reacții, cum ar fi cele de hidratare. Pe de altă parte nu trebuie neglijat aportul pe care îl aduce în reacția puzzolanică suma  $\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3$ , compuși care contribuie la formarea silicaților și aluminaților de calciu.

Astfel, pentru cenușile de termocentrală se constată [88] evoluția din fig. IV.8. a rezistențelor mecanice ale amestecurilor, funcție de conținutul de silice și alumină.

- *Compoziția mineralogică* a materialelor cu proprietăți puzzolanice se determină prin difracție cu raze X sau prin analizare cu microscopul polarizant. Importanță pentru calitatea reacției puzzolanice este faza amorfă, care trebuie să fie preponderentă (55...88%). Preponderența fazei vitroase este determinată de regulă de

conținutul topitului parțial, care prin răcire rapidă se solidifică fără cristalizare, rămânând în stadiul de "germeni" micro și criptocristalini.

Influența fazei vitroase asupra reacției de hidratare este pusă în evidență pentru două cenuși de termocentrală (una cu 60% și alta cu 80% fază vitroasă), activate cu același conținut de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , pentru care se determină rezistențele mecanice la diferite vârste (fig. IV.9.).

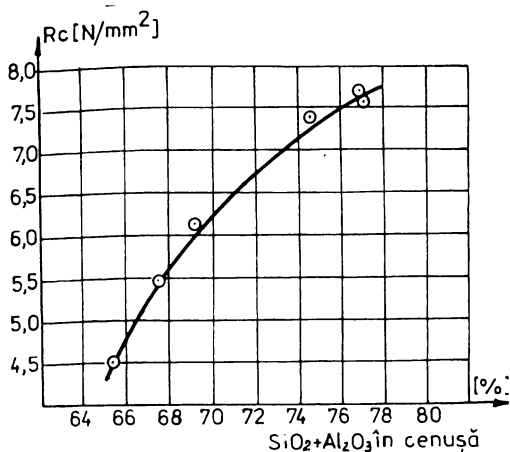


Fig. IV.8. Influența sumei  $\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3$  asupra activității hidraulice a cenușilor de termocentrală.

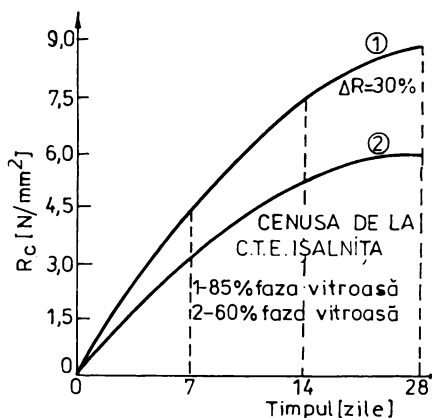


Fig. IV.9. Influența compoziției mineralogice asupra activității hidraulice a unei cenuși.

Se constată că pentru un conținut de substanță activantă constant (15%), rezistențele mecanice ale mortarelor cenușă-var-apă variază în mod diferit în funcție de conținutul de fază vitroasă, fiind cu 30% mai mari, la 28 zile, pentru mortarul cu cenușă cu 85% fază vitroasă.

- *Caracteristici fizice* - Principalele caracteristici fizice care influențează reacția de hidratare sunt granulozitatea, suprafața specifică și densitatea. Cercetările efectuate în acest scop [78]; [88], au scos în evidență faptul că dacă granulozitatea este fină, densitatea și suprafața specifică mari, liantul puzzolanic are toate șansele să desfășoare reacții de hidratare puternice. Influența granulozității (prin dimensiunea medie a particulelor) și a suprafeței specifice a cenușilor de termocentrală asupra creșterii rezistențelor mecanice este prezentată în fig. IV.10 și IV.11.

De regulă, este de dorit ca părțile fine din liantul puzzolanic să fie minimum 15%, astfel încât în amestecul total să existe suficiente particule active pentru declanșarea reacțiilor puzzolanice. O dată cu creșterea părților fine din liantul puzzolanic se ajunge și la o creștere a suprafeței specifice, care conduce implicit la creșterea suprafeței potențial activă pentru susținerea reacției de hidratare. Astfel, pentru unii lianți puzzolanici naturali creșterea suprafeței specifice este direct

proporțională cu mărimea suprafeței de pe care pot fi demobilizați tetraedrii de  $\text{Si}^{4+}(\text{O}^{2-})$  sau  $\text{Al}^{2+}(\text{O}^{2-})_4$ , cu efecte pozitive asupra formării compușilor hidratați (silicatul de calciu hidratat și aluminatul de calciu hidratat hexagonal).

Având în vedere constatările sus-menționate, se poate proceda la mărunțirea prealabilă a unor lianți puzzolanici în scopul sporirii activității lor hidraulice (ex. zgură granulată, lianți puzzolanici naturali).

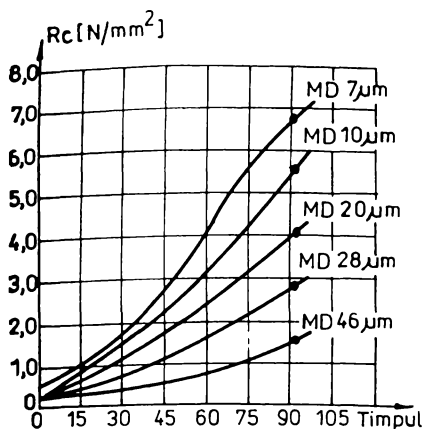


Fig. IV.10. Variația activității hidraulice a cenușilor în funcție de dimensiunea medie a granulelor.

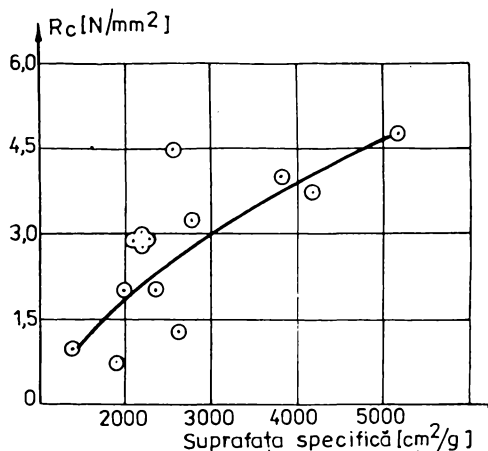


Fig. IV.11. Influența suprafeței specifice asupra activității hidraulice

Energia consumată pentru aceasta este variabilă de la liant la liant și depinde de finețea care se dorește a se obține. Astfel măcinarea unei zguri granulate 20-40, cu ajutorul unui concasor cu bile, la uscat sau în mediu umed conduce la rezultatele din fig. IV.12. Se observă că pentru obținerea fineții obișnuite a zgurii (aproximativ 10% părți fine), umiditatea nu are o mare importanță asupra timpului de măcinare, în timp ce pentru obținerea unei mărunțiri mai accentuate (peste 40% părți fine) între zgura uscată și zgura umedă de realizează diferențe de timp de peste 30%.

Creșterea conținutului de părți fine are ca efect îmbunătățirea caracterului puzzolanic al liantului, în acest caz al zgurii, care pentru doze identice de liant (20 sau 25 % zgură activată cu 1 % var), permite obținerea unor rezistențe mecanice mult diferențiate la aceeași vârstă (fig. IV.13.). De altfel zgura granulată este analizată din punct de vedere al activității puzzolanice, prin coeficientul de activitate  $\sigma$ , care ia în considerare granulozitatea ei:

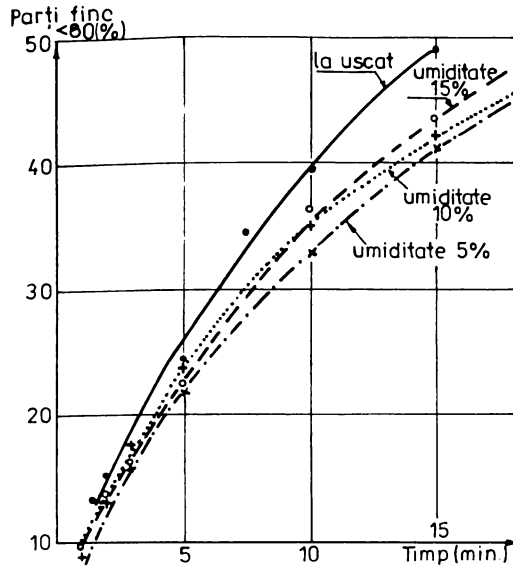


Fig. IV.12. Măcinarea unei zguri granulate 20-40 cu mori cu bile.

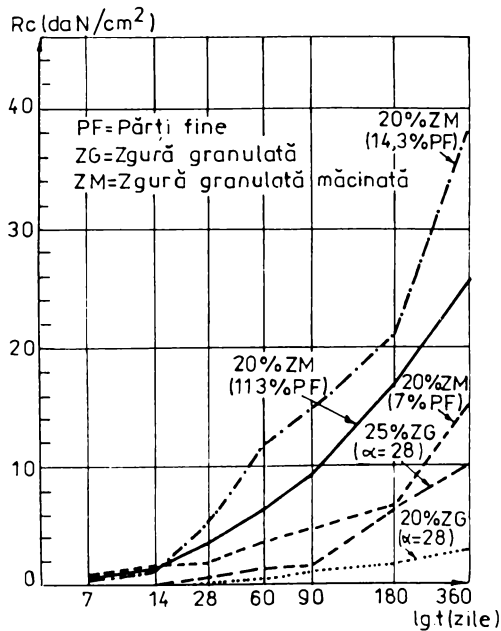


Fig. IV.13. Influența fineții de măcinare asupra activității puzzolanice, în cazul unui nisip stabilizat cu zgură.



$$\sigma = S \times p \times 10^{-3} \quad [-] \quad (IV.9.)$$

în care:

S - este suprafața specifică Blaine a părților fine din zgură (sub 0,08 mm), în cm<sup>2</sup>/g;

p - procentul de părți fine după măcinarea în mori cu bile, în %.

Se consideră că activitatea puzzolanică este cu atât mai mare cu cât coeficientul de activitate este mai mare (pentru diferite clase de reactivitate de cel puțin 20). În aceste condiții, când influența unei singure caracteristici a liantului puzzolanic are repercusiuni substanțiale asupra calității liantului și, bineînțeles, asupra calității materialului rezultat prin stabilizare, stabilirea dozajelor de lucru nu se poate efectua decât prin studii și încercări specifice în laborator, efectuate pe amestecuri preparate cu aceleași materiale care urmează să fie folosite practic.

- *Stabilirea dozajelor optime în laborator* - Stabilirea calității materialelor utilizate în amestecuri și a dozajelor optime se efectuează în laboratoare autorizate pentru efectuarea unor astfel de lucrări, pe baza unor încercări bine stabilite. Etapele concrete de lucru în laborator, urmărite de autor pentru definitivarea dozajelor optime în cazul materialelor stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici sunt următoarele:

- determinarea granulozității agregatelor naturale și lianților puzzolanici, inclusiv a granulozității amestecurilor ce se preconizează a se efectua în laborator; în cazul în care curba de granulozitate a amestecului nu se înscrie în zona de granulozitate prescrisă se vor determina posibilitățile de corectare a granulozității;

- analizarea amestecurilor considerate (dozaje diferite de liant) din punct de vedere al umidității și determinarea pe fiecare din acestea a caracteristicilor de compactare Proctor modificat ( $\rho_{dmax}$  și  $w_{opt}$ );

- stabilirea dimensiunilor epruvetelor în funcție de dimensiunea maximă a granulei;

- prepararea epruvetelor prin presare cu presa hidraulică pentru fiecare amestec preparat, la umiditatea optimă de compactare. Cantitatea de material introdusă într-o epruvetă se calculează astfel încât densitatea obținută să fie de minimum  $0,95 \rho_{dmax}$ :

$$m_{am} = 0,95 \times \rho_{dmax} \times \left( 1 + \frac{w_{opt}}{100} \right) \times V \quad [g] \quad (IV.10)$$

în care:

$m_{am}$  - este masa amestecului pentru o epruvetă, în g;

$\rho_{dmax}$  și  $w_{opt}$  - caracteristicile de compactare, în g/cm<sup>3</sup>, respectiv în %.

Presiunea de încărcare se stabilește prin câteva încercări preliminare, astfel încât cu masa  $m_{am}$  să se obțină înălțimea  $h$  dorită pentru epruvetă. De regulă s-au obținut presiuni de 350...400 daN/cm<sup>2</sup>;

- fiecare epruvetă după decofrare s-a măsurat și cântărit pentru calcularea gradului de compactare. Epruvetele cu un grad de compactare mai mic de 95 % nu sunt păstrate pentru efectuarea încercărilor;

- după preparare, epruvetele se învelesc în folii de polietilenă legate la ambele capete în vederea împiedicării evaporării apei până la încercare;

- la vârste bine stabilite, epruvetele din fiecare amestec sunt supuse încercărilor de laborator pentru stabilirea dozajului optim. Se consideră ca dozaj optim cantitatea minimă de liant care conduce la obținerea unor caracteristici fizico-mecanice, pe epruvete preparate în laborator, cal puțin egale cu cele prescrise [176].

Încercările de laborator efectuate pentru stabilirea dozajului optim de liant sunt următoarele:

- determinarea rezistențelor mecanice presupune încercarea epruvetelor cilindrice la compresiune pe direcția generatoarei sau perpendicular pe această direcție și determinarea forței de rupere. Rezistența la compresiune ( $R_o$ ) sau rezistența la întindere ( $R_t$ ) se determină cu relațiile:

$$R_o = \frac{F}{S} \quad [N/mm^2] \quad (IV.11)$$

$$R_t = \frac{2F}{\pi dh} \quad [N/mm^2] \quad (IV.12)$$

în care:

$F$  este forța de rupere obținută prin încercarea epruvetei pe direcția generatoarei, respectiv perpendicular pe această direcție, în N;

$S$  - suprafața de încărcare circulară a epruvetei, în mm<sup>2</sup>;

$d$  și  $h$  - diametrul și înălțimea epruvetei, în mm.

- stabilitatea la apă se stabilește prin determinarea scăderii rezistenței la compresiune ( $\Delta Rc$ ), a umflării volumice ( $U$ ) și a absorbției de apă ( $A$ ) pe epruvete imersate timp de 7 zile, după păstrarea în atmosferă umedă 7 zile pentru stabilizările cu ciment și 21 zile pentru stabilizările cu lianți puzzolanici. Se utilizează următoarele relații de calcul:

$$\Delta Rc = \frac{R_{c14(28)} - R_{c7(21)+7im}}{R_{c14(28)}} \times 100 \quad [\%] \quad (IV.13)$$

$$U = \frac{V_{7(21)+7im} - V_{7(21)}}{V_{7(21)}} \times 100 \quad [\%] \quad (IV.14)$$

$$A = \frac{m_{7(21)+7im} - m_{7(21)}}{m_{7(21)}} \times 100 \quad [\%] \quad (IV.15)$$

în care:

$R_{c14(28)}$  este rezistența la compresiune a epruvetelor păstrate în atmosferă umedă la vârsta de 14(28) zile, în N/mm<sup>2</sup>;

$R_{c7(21)+7im}$  - rezistența la compresiune a epruvetelor după păstrarea în atmosferă umedă 7(21) zile și imersate în apă 7 zile, în N/mm<sup>2</sup>;

$V_{7(21)+7im}$  și  $m_{7(21)+7im}$  - volumul, respectiv masa epruvetelor după păstrarea 7(21) zile în atmosferă umedă și 7 zile imersate în apă, în cm<sup>3</sup>, respectiv, în g.

- *Determinarea pierderii de masă* se stabilește în urma ciclurilor de saturare-uscare ( $P_{su}$ ) și îngheț-dezghet ( $P_{id}$ ), cu următoarele relații:

$$P_{su} = \frac{m_7 - m_{14csu}}{m_7} \times 100 \quad [\%] \quad (IV.16)$$

$$P_{id} = \frac{m_{13+1im} - m_{14cid}}{m_{13+1im}} \times 100 \quad [\%] \quad (IV.17)$$

în care:

$m_7$  este masa epruvetelor la vârsta de 7 zile, în g;

$m_{14csu}$  - masa epruvetelor după 14 cicluri de saturare-uscare, în g;

$m_{13+1im}$  - masa epruvetelor la vârsta de 13 zile și după o zi de imersare în apă,

în g;

$m_{14cid}$  - masa epruvetelor după 14 cicluri de îngheț-dezghet, în g.

Un ciclu de saturare-uscare presupune:

- menținerea timp de 18 ore a epruvetelor în etuvă, la temperatura de 69...73°C, după care se lasă să se răcească la temperatura camerei o jumătate de oră;

- imersarea în apă timp de 5 ore, la temperatura de 23...27 °C, după care se lasă să se scurgă apa în exces o jumătate de oră, iar un ciclu de îngheț-dezghet se realizează prin:

- menținerea timp de 16 ore a epruvetelor la temperatura de -4...-6°C, în frigider;

- imersarea în apă timp de 8 ore a epruvetelor la temperatura de 23...27°C.

După stabilirea dozajului de liant puzzolanic în laboratorul de specialitate, (ținând cont de proprietățile lui) acestea se transmit la șantiere pentru aplicare, după ce în prealabil au fost testate pe un sector martor.

### 3.1.3.2. Prepararea amestecurilor realizate din materiale stabilizate cu lianți puzzolanici

Amestecurile realizate din agregate naturale și lianți puzzolanici se pot realiza prin următoarele tehnologii:

- amestecarea la fața locului;
- prepararea în stații fixe;
- stabilizarea materialelor din unele straturi rutiere, în situ, folosind utilaje complexe.

#### *Prepararea amestecului la fața locului*

Omogenizarea la fața locului a materialelor din straturile tratate cu lianți puzzolanici, presupune că toate operațiile din procesul tehnologic sunt executate de unul sau mai multe utilaje prin treceri succesive. O astfel de metodă a fost aplicată de autor pe DN79A Ineu - Chișineu Criș în anii 1979 - 1982. Aceste procedeu, poate fi utilizat cu rezultate bune în cazul terasamentelor sau cel mult al stratului de formă (în cazul drumurilor cu trafic ușor și foarte ușor), având avantajul reducerii cheltuielilor de transport.

Ca proces tehnologic, agregatele naturale se transportă la fața locului și se depozitează pe traseu în grămezi, urmând ca să fie repartizată pe fiecare unitate de suprafață o cantitate de agregate naturale ( $M_{ag}$ ) calculată cu relația:

$$M_{ag} = \rho_{dmax} \times h \times \frac{P_{ag}}{100} \times \left( 1 + \frac{W_{ag}}{100} \right) \quad [kg/m^2] \quad (IV.18)$$

în care:

$M_{ag}$  - este cantitatea de agregate naturale repartizată pe  $m^2$ , în  $kg/m^2$ ;

$\rho_{dmax}$  - densitatea în stare uscată maximă, în  $kg/m^3$ ;

$h$  - grosimea preconizată a stratului, după compactare, în m;

$P_{ag}$  - proporția de agregate uscate în amestecul uscat, în %;

$W_{ag}$  - umiditatea naturală a agregatelor, în %.

După repartizarea agregatelor naturale, se transportă și se așează în grămezi liantul puzzolanici, care se răspândește cu autogrederul pe unitatea de suprafață în cantitatea calculată cu relația:

$$M_p = \rho_{dmax} \times h \times \frac{P_p}{100} \times \left( 1 + \frac{W_p}{100} \right) \quad [kg/m^2] \quad (IV.19)$$

în care:

$M_p$  - este cantitatea de liant puzzolanici repartizat pe  $m^2$ , în  $kg/m^2$ ;

$P_p$  - proporția de liant hidraulic sau puzzolanici în amestec, în %;

$W_p$  - umiditatea liantului puzzolanici, în %.

Activatorul (var, ciment, etc.) este transportat de asemenea în grămezi peste stratul de agregate și liant puzzolanic, depozitat în grămezi și răspândit cu autogrederul în cantitatea ( $M_{act}$ ) pe unitatea de suprafață, determinată cu relația:

$$M_{act} = \rho_{dmax} \times h \times \frac{P_{act}}{100} \quad [kg/m^2] \quad (IV.20)$$

în care:

$P_{act}$  este procentul de activator în materialul stabilizat, în %.

Liantul și activatorul se pot răspândii peste stratul de agregate naturale cu răspânditoare special amenajate realizându-se o dozare și o uniformitate mai bună.

Amestecul propriu-zis se realizează cu autogrederul prin treceri repetate (adunarea în cordon și repartizarea pe întreaga suprafață) până la atingerea gradului de omogenizare dorit.

Cantitatea de apă de adaos se stabilește în funcție de  $w_{opt}$  și de umiditatea materialelor, luând în calcul și pierderile prin evaporare de cca. 1%. Apa se adaugă prin stropiri succesive cu autostropitorul concomitent cu procesul de compactare.

Având în vedere rezultatele obținute pe DN79A (tabel IV.24.), autorul recomandă ca această tehnologie să fie folosită numai la drumurile cu trafic ușor sau foarte ușor, sau pentru realizarea unor straturi rutiere nedimensionate la oboseală.

#### *Prepararea amestecului în instalații fixe*

Instalațiile fixe folosite la noi în țară pentru prepararea amestecurilor din materiale stabilizate cu lianți puzzolanici sunt de regulă instalațiile tip I.N.S. (instalații pentru nisip stabilizat), în care primele trei predozatoare sunt utilizate pentru dozarea agregatelor naturale, iar al patrulea predozator este destinat pentru dozarea liantului puzzolanic. Activatorul (cimentul, varul etc.) se dozează separat dintr-un siloz special destinat acestei activități. Apa se dozează direct în malaxor, astfel încât să se obțină umiditatea optimă de compactare.

Există însă, în tehnica rutieră instalații pentru realizarea materialelor stabilizate în flux continuu și complet automatizate care realizează o dozare perfectă a componentelor, procesul tehnologic fiind controlat permanent de către calculator. În plus calculatorul are posibilitatea să memoreze mai multe dozaje, astfel încât este permisă trecerea cu ușurință de la un dozaj la altul.

Aceste instalații au de regulă malaxoare orizontale cu dublu ax și palete, calitatea materialului stabilizat depinzând în mare măsură și de gradul de omogenizare (dat de timpul de malaxare și fiabilitatea malaxorului).

Punerea în operă a materialelor stabilizate în instalații în flux continuu se face de regulă cu vibrofinisoare de mare productivitate care pot prelua cantitatea de material stabilizat și așternerea lui la parametrii proiectați (grosime, planeitate), asigurând în același timp și o precompactare (cu grinda vibratoare).

### *Stabilizarea în situ a materialelor din unele straturi rutiere aflate în exploatare*

Stabilizarea în situ a materialelor rezultate din straturile rutiere se face prin utilizarea simplificată a procesului Wirtgen (vezi subcap. 3.1.1.), și se bazează pe frezarea straturilor rutiere existente pe grosimi de 30...35 cm, omogenizarea acestora și stabilizarea amestecului rezultat cu ciment.

Compactarea se realizează cu utilaje adaptate pentru obținerea unui grad de compactare corespunzător pentru grosimea straturilor de 30...35 cm, de regulă cu compactoare vibratoare grele (20...25 treceri) în tandem cu compactoare pe pneuri (10...15 treceri).

Aplicarea acestei tehnologii, promovată la noi în țară de doctorand în anul 1992 (vezi subcap. 3.1.1.), are avantaje de ordin tehnic și economic care o recomandă pentru a fi folosită pe scară largă și anume:

- permite corectarea imediată a elementelor geometrice ale drumului în profil transversal și profil longitudinal;
- se poate sporii capacitatea portantă a structurii rutiere la nivelul proiectat;
- lucrările se pot executa sub circulație;
- stabilizarea se poate face pe toată lungimea părții carosabile sau numai local pe fâșii variind între 1...3 m lățime;
- costuri mai mici cu 20...40% față de celelalte tehnologii, rezultate din cheltuielile de transport și din faptul că refolosește în proporție de 90...100% materialele rezultate din frezarea straturilor existente.

### **3.1.3.3. Compactarea straturilor rutiere din agregate naturale tratate cu lianți puzzolanici**

Compactarea este unul din factorii determinanți care contribuie la realizarea calității și implicit la mărirea duratei de exploatare a straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

După părerea doctorandului acest considerent impune alegerea și dimensionarea corespunzătoare a atelierului de compactare, care în cazul straturilor cu grosimi mari (minim 15 cm) și caracterizate printr-o lucrabilitate redusă (este cazul straturilor stabilizate cu lianți puzzolanici), poate fi formată din:

- compactoare vibratoare;
- compactoare cu pneuri;
- compactoare vibratoare + compactoare cu pneuri.

Din experiența pe care o are doctorandul precum și din studiile și determinările efectuate pe diferite sectoare din cadru D.R.D.P. Timișoara, se poate afirma că atelierul de compactare cel mai eficient pentru a ajunge la o compactare corectă a straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici este format

dintr-unul sau mai mulți compactori vibratori. Cea mai importantă caracteristică a compactoarelor vibratoare este eficacitatea lor în adâncime, fapt care le recomandă pentru compactarea straturilor rutiere cu grosimi mari (peste 15 cm). Această eficiență este dată de mai mulți parametri:

- *parametrii de construcție* și anume: masa totală a compactorului; diametrul cilindrului; puterea motorului;
- *parametrii repartizării maselor*;
- *parametrii de vibrație* și anume: frecvența; momentul excentricității; forța centrifugă și amplitudinea;
- *natura materialului compactat*.

Experimentările efectuate în Franța [3] au permis clasificarea materialelor tratate cu lianți puzzolanici, în patru clase  $M_0...M_3$ , în funcție de comportarea lor la compactare.

Materialele din clasa  $M_0$  presupun puțină energie pentru atingerea unui grad de compactare ridicat, dar există pericolul obținerii unui volum ridicat de goluri din cauza granulozității. Acest materiale pot fi foarte lucrabile și în același timp foarte puțin compactabile (fig. IV.14.)

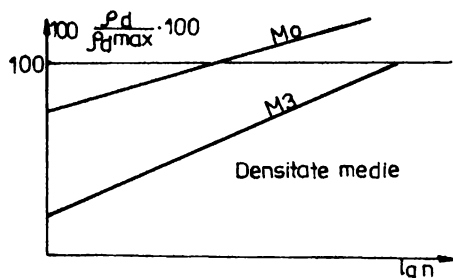


Fig. IV.14 Curbele compactității medii pentru compactoare medii.

Materialele din clasa  $M_3$  necesită o energie importantă pentru compactare, iar gradul de compactare în cazul folosirii compactoarelor vibratorii este destul de mare, cu toate că aceste materiale sunt definite ca materiale puțin lucrabile (datorită unghiului de frecare interioară mare).

- *grosimea stratului*; eficiența unui compactor vibrator este strict legată de grosimea stratului rutier, eficiența ce crește odată cu greutatea utilajului și cu utilizarea în tandem a compactoarelor;

- *influența rigidității stratului suport*; în condiții de compactare identice, gradul de compactare obținut pentru același număr de treceri este cu atât mai mare cu cât rigiditatea stratului suport este mai mare, dar acest fenomen nu este independent de grosimea stratului. Astfel, pentru grosimi de maxim 20 cm, fenomenul este mai pronunțat decât în cazul stratului cu grosimi mai mari de 30 cm;

- *influența vitezei de trecere a compactorului*; întotdeauna, pentru un număr de treceri dat, creșterea densității medii obținute este în funcție de descreșterea vitezei copactorului vibrator. Ținând cont de influența vitezei de înaintare asupra valorii capacității compactorului este interesant să se traseze capacitatea de compactare a utilajului Q, în funcție de densitatea în stare uscată medie a materialului compactat pentru diferite viteze (fig. IV.15.).

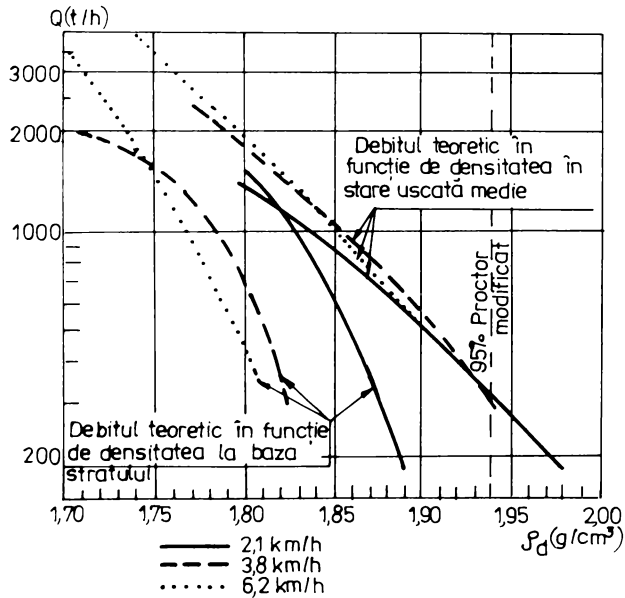


Fig. IV.15. Variația randamentului compactorului în funcție de densitatea în stare uscată.

Capacitatea Q a unui compactor vibrator reprezintă cantitatea de material compactat până la obținerea unei densități în stare uscată dată ( $\rho_d$ ) într-o oră de lucru, și este exprimată de relația:

$$Q = \eta \times \frac{L \times V \times e \times \rho_d}{n} \quad [t/h] \quad (IV.21)$$

în care:

$\eta$  este randamentul compactorului ( $\eta < 1$  și ține seama de opriri, de schimbarea sensului de mers, de lățimea compactată față de lățimea ruloului etc.);

L - lățimea compactată, în m;

V - viteza de înaintare, în km/h;



e - grosimea stratului cu densitate medie  $\rho_d$  (produsul  $\rho_d \times e = ct$  în timpul compactării), în m;  
n - număr de treceri;  
 $\rho_d$  - densitatea în stare uscată urmărită să se obțină, în  $kg/m^3$ .

La stabilirea practică a compactoarelor vibratoare trebuie avut în vedere și faptul că aceasta este influențată direct de viteza de înaintare, frecvență, amplitudine etc.

### 3.1.4. Concluzii și propuneri

Straturile rutiere din agregate naturale tratate cu lianți puzzolanici prezintă anumite particularități care pot fi sistematizate în următoarele concluzii și propuneri:

- realizarea straturilor rutiere din agregate naturale tratate cu lianți puzzolanici este o tehnologie energointensivă, care folosește în mare parte materialele în zona de amplasament a drumului. Realizarea acestei tehnologii presupune evaluarea rezervelor de materiale disponibile, încercarea în laborator a acestora și stabilirea mijloacelor de conectare a caracteristicilor lor (dacă este cazul), inclusiv definitivarea dozajelor de lucru. Dozajele de lucru stabilite în laborator se verifică în teren, pe standul de probă, după care se transmite șantierelor pentru aplicare;

- pentru utilizarea lianților puzzolanici este absolut necesară determinarea caracteristicile lor chimice, mineralogice și fizice cu scopul de a evidenția proprietățile puzzolanice ale liantului. De asemenea este necesar stabilirea activatorului optim (var, ciment, ghips etc.), prin urmărirea reacțiilor care se produc în amestecul puzzolană-activator-apă și a compușilor de hidratare care apar;

- prepararea și punerea în operă a materialelor tratate cu lianți puzzolanici se pot efectua în situ, cu utilaje cu lamă, prin treceri succesive, pentru lucrări executate pe drumuri cu trafic ușor sau mediu, sau în instalații fixe, performante în flux continuu, caz în care punerea în operă se efectuează cu răspânditoare-finisoare. Pentru stabilizarea la fața locului a materialelor din diferite straturi rutiere, pentru grosimi de 30...35 cm, au fost concepute și realizate utilaje complexe care asigură frezarea materialelor din straturile rutiere și reutilizarea lor la fața locului prin adaos de lianți hidraulici sau puzzolanici și agregate naturale de aport (dacă este necesar).

- compactarea straturilor din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici se realizează cu compactoare vibratoare și compactoare cu pneuri (pentru straturi de maxim 20 cm). De reținut este faptul că în cazul straturilor groase din materiale cu lucrabilitate redusă, compactarea optimă este asigurată doar de compactoare vibratoare grele care lucrează la frecvență de rezonanță. Compactoarele cu pneuri nu sunt eficiente pentru straturile groase (mai mari de 20 cm) ele efectuând o compactare optimă doar la suprafața stratului pe 1...4 cm grosime, compactitatea obținută la baza stratului fiind necorespunzătoare.

- contribuția doctorandului la această tehnologie este aceea că a implementat și executat în cadrul D.R.D.P. Timișoara a 74 km straturi rutiere stabilizate cu lianți puzzolanici, precum și faptul că a ținut sub observație, și prin încercările de laborator pe probe preluate din sectoarele executate a făcut analize tehnice privind comportarea lor în exploatare.

- contribuția personală a doctorandului la perfecționarea tehnologiei de execuție în situ a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici este realizarea unui răspânditor autopropulsat pentru așternere mecanizată și exactă a liantului puzzolanic și a activatorului (utilaj prezentat în cap. II, subcap. 2.2.3.1., foto 8).

Având în vedere faptul că în zona drumului național nr. 6 există rezerve mari de materiale locale precum și faptul că la o distanță de 68 km de centru de greutate al sectorului propus pentru reabilitare se găsesc cantități imense de lianți puzzolanici (cenușă de furnal de la Combinatul Siderurgic Hunedoara), doctorandul propune ca posibilă realizarea straturilor rutiere pentru drumurile laterale și pentru benzile de încadrare, din agregate naturale locale stabilizate cu cenușă de furnal de la Hunedoara, realizându-se astfel o reducere a prețului de cost a acestor categorii de lucrări cu 12...15% față de soluția clasică de stabilizare a agregatelor naturale cu ciment.

### **3.1.5. Soluții pentru tratarea fisurilor transversale și longitudinale**

Reabilitarea drumurilor presupune lărgirea părții carosabile existente cu lățimii relativ reduse 0,50...1,5 m și construirea de benzi suplimentare pentru traficul lent, acolo unde se impune acest lucru. În ambele cazuri, de-a lungul anilor, se constată că în zona de sudură dintre cele două structuri rutiere (cea existentă și cea nou construită) apar fisuri și crăpături la nivelul stratului de rulare.

Cauzele care produc aceste degradări sunt multiple și sunt determinate de caracteristicile materialelor din care sunt realizate straturile rutiere (rezistența la întindere, modul de elasticitate, deformabilitate etc.), care la rândul lor sunt influențate de diferiți factori de compoziție sau de exploatare cum ar fi:

- natura și dozajul lianților folosiți pentru tratarea agregatelor naturale;
- natura agregatelor naturale (granulozitatea lor);
- gradul de compactare;
- umiditate;
- perioada de punere în opera a materialelor stabilizate;
- diferența de tasare dintre cele două structuri rutiere (existentă și cea nou construită).

Fenomenul de fisurare din construcție a straturilor din agregate naturale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici nu poate fi împiedicat, ci cel mult încetinit prin modificarea unor factori de compoziție.

Construcția straturilor rutiere din agregate naturale tratate cu lianți hidraulici și puzzolanici este compusă din trei faze și anume: contracția din perioada de priză și contracția termică, datorită variațiilor de temperatură zilnice sau anuale și diferența de tasare dintre cele două structuri.

Contracția în perioada de priză (în cazul când există) poate produce fisurarea, dar fisurile devin vizibile doar după suprapunerea contracției termice. Aceasta constituie cauza principală a apariției fisurilor dar nu trebuie neglijat nici fenomenul de tasări inegale care se manifestă în cazul lărgirilor de parte carosabilă.

Studiul modului de apariție a fisurilor în straturile rutiere executate din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici se poate efectua prin următoarele mijloace:

- pe baza unor relații de calcul deduse pornind de la unele ipoteze simplificatoare;
- încercări de laborator specifice;
- urmărirea comportării în exploatare a structurilor rutiere.

### 3.1.5.1. Teoria simplificată a fisurării prin contracție

Fără a uita că fisurarea datorită contracției este un fenomen complex și aleator, se poate evidenția evoluția acestui fenomen cu ajutorul unor relații de calcul acceptabile în următoarele ipoteze:

- materialul din stratul rutier are o comportare elastică (caracterizată prin modulul de elasticitate și rezistența la întindere);
- fisurarea se datorează contracției termice și netermice;
- nu apar gradiente de temperatură între fețele stratului rutier;
- fisurile apărute sunt regulate și echidistante;
- nu există lunecare între stratul rutier analizat și suportul său. La interfață apare coeficientul de frecare  $\mu$ .

În aceste condiții, *calculul distanței dintre fisuri* se face ținând seama de forțele care solicită o dală de lungime ( $L$ ) și anume forțele ( $f$ ) exercitate de stratul inferior și eforturile unitare ( $\sigma$ ) din dală datorate contracției (fig. IV.16.a). La limită se poate scrie egalitatea:

$$\sigma_1 \cdot b \cdot h = \mu \cdot b \cdot h \cdot L / (2 \cdot \gamma) \quad (\text{IV.22})$$

în care:

- $\sigma_1$  este efortul unitar de întindere exercitat în centrul dalei, în  $\text{kN/m}^2$ .
- $h$  - grosimea dalei, în m;
- $\mu$  - coeficient de frecare;
- $\gamma$  - greutatea volumică a materialului din stratul rutier, în  $\text{kN/m}^3$ ;

L - lungimea dalei în m;

b - lățimea dalei, în m.

În concluzie, la limită, distanța între fisuri va fi:

$$L = \frac{2RT}{\mu \times \gamma} \quad [m] \quad (IV.23)$$

Calculul deschiderii unei fisuri ( $\delta$ ) se efectuează ținând seama că această valoare este rezultatul a două variații de lungime:

- pe de o parte, contracția plăcii, care reazemă fără frecări pe suport:

$$\delta_1 = \epsilon_c \cdot L \quad [mm] \quad (IV.24)$$

în care:

$\epsilon_c$  este contracția axială a materialului din dală, în mm/m;

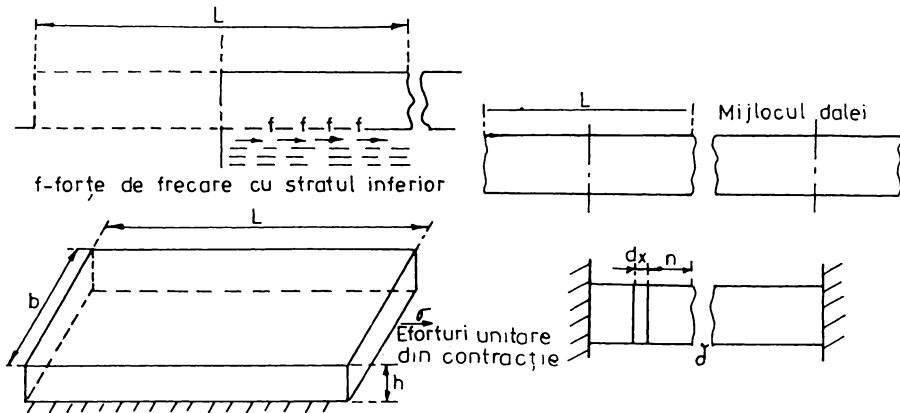


Fig. IV.16. a. Schema forțelor care soliciță dala fisurată.

Fig. IV.16. b. Schematizarea fizică a dalei.

- pe de altă parte, alungirea plăcii datorată forțelor de frecare egală cu:

$$\delta_2 = 2 \int_0^{L/2} \frac{\delta_x}{E} dx = 2 \int_0^{L/2} \frac{\mu \times \gamma}{E} x dx = \frac{\mu \times \gamma \times L^2}{4E} \quad [m] \quad (IV.25)$$

în care:

E este modulul de elasticitate al materialului analizat, iar celelalte notații au semnificațiile sus - menționate.

În final se poate reține următoarea expresie pentru deschiderea fisurii:

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 = \varepsilon_c L - \frac{\mu \gamma L^2}{4E} \times 1000 \text{ [m]} \quad (\text{IV.26})$$

După un timp, ca urmare a solicitărilor la care este supus stratul rutier de către trafic și a încovoierii dalei de către gradientele de temperatură, se poate admite că alungirea dalei datorită frecărilor cu stratul suport este nulă. Ținând cont și de relația (IV.23) deschiderea fisurii este dată de:

$$\delta = \frac{2\varepsilon_c R_t}{\mu \gamma} \quad [\text{mm}] \quad (\text{IV.27})$$

Aplicând aceste relații în cazul unui balast tratat cu ciment ( $\mu=1...4$  și  $\gamma = 2,27 \text{ kN/m}^3$ ) pentru care se consideră că distanța dintre fisuri este de 10 m se găsește  $R_t = 1... 4 \text{ daN/cm}^2$ . Aceasta arată că începerea fisurării se produce la o vârstă relativ redusă. Pe de altă parte, considerând  $R_t = 5,0 \text{ daN/cm}^2$  și  $\gamma = 2,27 \text{ kN/m}^3$ , corespunzătoare unui balast tratat cu zgură, se ajunge, pentru un  $\mu = 1...4$ , la lungimi de dală de circa 40...100 m, ceea ce este mult diferit de constatările efectuate pe teren ( $L = 10...20 \text{ m}$ , pentru un astfel de material) [16].

Rezultă că ipotezele simplificatoare acceptate, precum și faptul că acest calcul nu ia în considerare deformabilitatea diferită a materialelor obținute prin tratarea agregatelor naturale cu lianți hidraulici sau puzzolanici (mai mare în cazul nisipurilor decât în cel al balasturilor) implică o anumită nesiguranță a relațiilor obținute. În acest context, pentru obținerea unor informații suplimentare referitoare la starea de eforturi într-un strat rutier supus la o contracție împiedicată au fost concepute unele aparate pentru încercări de laborator specifice [16], [108], [14], [78].

### Încercări de laborator

În general, încercările de laborator concepute pentru evidențierea fisurării unor materiale datorită contracției pornesc de la ipoteza că materialul cercetat are o comportare elastică, coeficientul său de dilatație termică nedepinzând de timp și temperatură. În acest mod, o scădere de temperatură, față de temperatura de punere în operă conduce la o scurtare a dalei, calculată cu relația următoare:

$$\varepsilon_d = \lambda \times \Delta\theta \quad (\text{IV.28})$$

în care:

- $\varepsilon_d$  este scurtarea relativă a dalei;
- $\Delta\theta$  - variația de temperatură, în  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\lambda$  - coeficientul de dilatație termică, în  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

Comportarea elastică liniară a materialului până la rupere are ca efect în timpul unei contracții împiedicate, apariția în dală a unor eforturi unitare ( $\delta_i$ ), calculate cu relația următoare:

$$\delta_i = E \cdot \lambda \cdot \Delta\theta \quad (IV.29)$$

în care:

$E$  este modulul de elasticitate al materialului, în  $\text{daN/cm}^2$ .

În aceste condiții, dala se fisurează când efortul unitar  $\delta_i$  atinge valoarea rezistenței la întindere a materialului ( $R_t$ ). Pentru aceasta va fi nevoie de ecartul de temperatură  $\Delta\theta_f$ :

$$\Delta\theta_f = \frac{R_t}{E \times \lambda} \quad [^\circ\text{C}] \quad (IV.30)$$

În realitate, variațiile de temperatură lente conduc la variații ale contracției termice foarte lente. Față de acest mod de încărcare nu se poate vorbi despre o comportare elastică a materialului și în consecință ecartul de temperatură care produce practic fisurarea va fi mai mare decât cel calculat cu relația (IV.30).

*Încercarea de fisurare prin contracție împiedicată* [14], [16], [201], constă în introducerea unor epruvete cilindrice într-un dispozitiv de fisurare, plasat la rândul său într-o incintă termostatică în interiorul căreia temperatura scade liniar cu  $0,5^\circ\text{C/h}$  (fig. IV.17.). Incinta are un volum de 800 l, cu dimensiunile de  $1000 \times 900 \times 900$  mm, în interiorul căreia temperatura se reglează automat cu o precizie de  $0,1^\circ\text{C}$ .

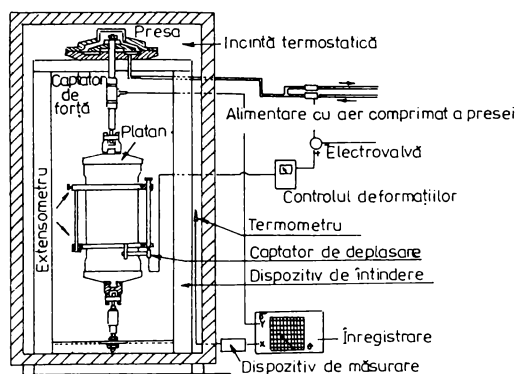


Fig. IV.17. Schema de principiu a aparatului.

Epruveta fiind fixată între platanele aparatului (pe tot timpul încercării lungimea ei va rămâne constantă), sub efectul contracției, la o anumită variație de temperatură, aceasta fisurează.

Păstrarea constantă a lungimii epruvetei se realizează prin aplicarea unor eforturi de întindere, cu ajutorul unei prese pneumatice, eforturi a căror valoare se reglează instantaneu, funcție de mărimea contracției epruvetei (fig. IV.17).

Pentru măsurarea deformațiilor epruvetei se recurge la un sistem extensometric compus din două inele fixate pe treimea mijlocie a epruvetei. Citirea deformațiilor se realizează cu ajutorul a trei captatori de deformații dispuși unul față de altul cu un unghi de  $120^\circ$ . Când epruveta se contractă se produce un semnal, care deschide electrovalva, permițând o creștere a solicitării de întindere pentru a combate deformația (acest sistem de păstrare constantă a înălțimii epruvetei are un pas de rezoluție de  $2 \times 10^{-9}$ ).

Toate măsurătorile sunt înregistrate într-un grafic XY (în abscisă variațiile de temperatură, iar în ordonată eforturile unitare). Astfel, pentru balasturi tratate cu ciment sau cu zgură granulată, din curbele tip de fisurare (fig. IV.18.) se constată că nu sunt necesare variații de temperatură mai mari de  $6^\circ\text{C}$  pentru a produce fisurarea.

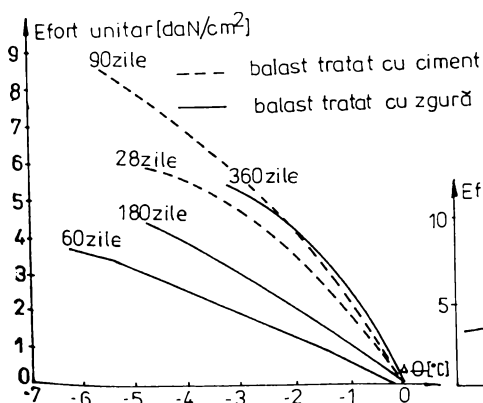


Fig. IV.18. Curbele tip de fisurare ale agregatelor naturale tratate cu ciment sau zgură.

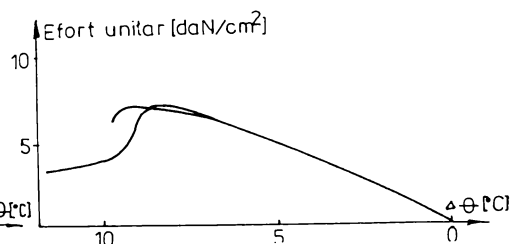


Fig. IV.19. Curbele tip de fisurare ale nisipurilor tratate cu zgură.

Pentru nisipurile tratate cu zgură (fig. IV.19) variațiile de temperatură care produc fisurarea sunt de  $10...15^\circ\text{C}$ . Se remarcă relaxarea materialului după atingerea unor eforturi unitare de circa  $7\text{ daN/cm}^2$ , ruperea producându-se după o creștere în continuare a gradientului de temperatură.

Încercarea pentru determinarea curgerii lente liniare (fluaj) permite studierea comportării vâsco-elastică a agregatelor naturale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.

Încercarea se poate efectua prin tracțiune directă sau, în mod frecvent, prin încovoiere. Astfel, în Franța [108] determinarea curgerii lente liniare se efectuează pe o epruvetă încastrată la baza mare într-un suport vertical și încărcată în capătul

opus cu o sarcină  $F$ , printr-o greutate suspendată  $P$  (fig. IV.20). Sarcina  $F$  trebuie să asigure apariția în material a unor eforturi unitare  $\delta = 0,50 \cdot R_t$  (pentru care se consideră că nu începe microfisurarea), urmând să se măsoare săgeata la capătul liber al epruvetei ( $f$ ), funcție de timp. Înregistrarea săgeții  $f$  permite trasarea evoluției deformației relative ( $\varepsilon/\varepsilon_i$ ) funcție de timp ( $t$ ) și obținerea așa-numitei curbe de fluaj a materialului (fig. IV.21).

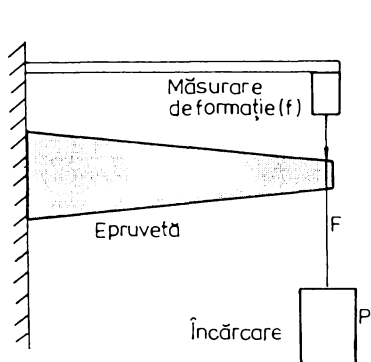


Fig. IV.20. Schema de principiu a aparatului.

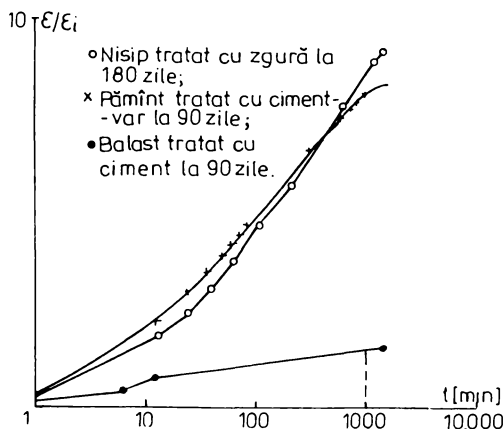


Fig. IV.21. Curbe de fluaj pentru materiale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici.

Se constată că în aceste condiții fluajul unui balast tratat cu ciment, la 90 zile, este aproape inexistent, în timp ce pentru pământuri sau nisipuri tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici deformațiile cresc în timp, fiind de 5...8 ori mai mari decât cea inițială. Aceasta explică faptul că în straturi rutiere nisipurile și pământurile tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici se relaxează înainte de rupere, sub efectul solicitărilor produse de contracția termică. De asemenea, fluajul nisipurilor tratate justifică fisurarea lor mai redusă (ca urmare a contracției termice), în raport cu balasturile tratate cu aceleași tipuri de lianți.

*Determinarea contracției în laborator* pentru un anumit ecart de temperatură ( $\Delta\theta$ ) permite stabilirea coeficientului de dilatație termică ( $\lambda$ ) cu relația (IV.28) (dacă se cunoaște și modulul de elasticitate al materialului) efortul unitar care apare în material în cazul unor contracții împiedicate ( $\delta_i$ ), cu relația (IV.29). Comparând efortul unitar  $\delta_i$  cu rezistența la întindere a materialului  $R_t$  se poate analiza dacă materialul respectiv are fisura sau nu sub efectul gradientului de temperatură  $\Delta\theta$ , în condițiile unor contracții împiedicate.



Pornind de la aceste observații autorul a măsurat în laborator cu ajutorul dispozitivului din fig. IV.22., contracțiile unui nisip tratat cu 25% puzzolană naturală, activată cu 3% ciment, pentru care au fost determinați anterior și modulul de elasticitate (tabelul IV.21.).

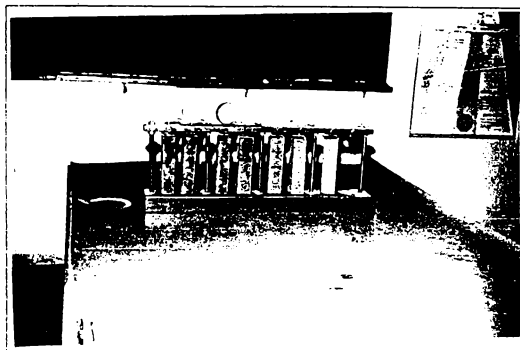


Fig. IV.22. Dispozitiv pentru determinarea contracției în laborator.

Tabelul IV.21.

**VALOAREA MODULILOR DE ELASTICITATE MĂSURATI PE NISIPURI DE  
BALASTIERĂ TRATATE CU LIANȚI PUZZOLANICI ȘI HIDRAULICI**

- daN/cm<sup>2</sup> -

Dozaj	E <sub>1</sub>		E <sub>2</sub>		E <sub>3</sub>	
	7 zile	28 zile	7 zile	28 zile	7 zile	28 zile
72% nisip + 25% piroclastită + 3% ciment	17.685	33.400	15.120	22.960	12.195	20.840
72% nisip + 26% piroclastită + 2% ciment	9.495	15.250	8.500	11.370	7.050	10.440

Astfel, pentru gradientele de temperatură de 5; 10 și 20 °C rezultatele obținute pe epruvete prismatice la 28 zile sunt prezentate în tabelul IV.22. Epruvetele prismatice cu dimensiunile 16 × 4 × 4 cm au fost compactate la caracteristicile de compactare Proctor modificat, prin presare și păstrate în atmosferă umedă până la încercare.

Se constată că în condițiile acceptării comportării ideal elastice a materialului (deci valabilitatea relațiilor IV.28...IV.30), nisipul tratat cu puzzolană-var nu se va fisura decât după depășirea gradientului de temperatură de 10 °C.

În concluzie, în condiții normale de climă pentru țara noastră, care conduc la variații de temperatură (cel puțin anuale) mai mari de 10 °C, fisurarea unor straturi rutiere realizate cu astfel de materiale este inevitabilă (cu atât mai mult cu cât balasturile tratate cu lianți hidraulici fisurează și mai ușor datorită contracției) [14], [16], [108].

În acest context se pune problema găsirii modelării adecvate pentru studiul transmiterii fisurilor prin straturile bituminoase superioare și optimizarea soluțiilor

tehnice pentru prevenirea sau măcar încetinirea apariției fisurilor prin contracție din straturile din agregate naturale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, la nivelul suprafeței de rulare.

Tabelul IV.22.

**CARACTERISTICILE NISIPULUI STABILIZAT  
CU PUZZOLANĂ NATURALĂ**

Nr. crt.	Caracteristica	Gradient de temperatură ( $\Delta\theta$ ), în °C		
		5	10	20
1.	Contractia	$55 \cdot 10^{-6}$	$100 \cdot 10^{-6}$	$240 \cdot 10^{-6}$
2.	Coefficientul de dilatație termică [°C <sup>-1</sup> ]	$11 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$
3.	Efortul unitar de întindere [daN/cm <sup>2</sup> ]	$1,65 < R_t$	$3,0 < R_t$	$7,2 > R_t$

Notă: Modulul de elasticitate la 28 zile s-a considerat 30.000 daN/cm<sup>2</sup> și rezistența la întindere 3,3 daN/cm<sup>2</sup>.

*Principii ale mecanicii ruperii utilizabile la studiul fisurării*

Literatura de specialitate [14], [41], [108] arată că pentru masivele comportând fisuri plane există trei moduri independente de propagare a fisurilor (fig. IV.23.) caracterizate fiecare prin relații de calcul specifice (relațiile lui Irwin), astfel (fig. IV.24.):

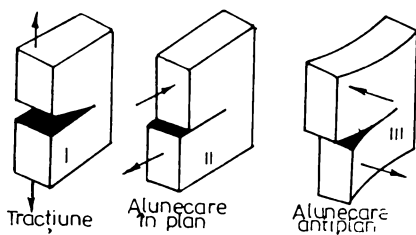


Fig. IV.23. Modurile de rupere ale materialelor

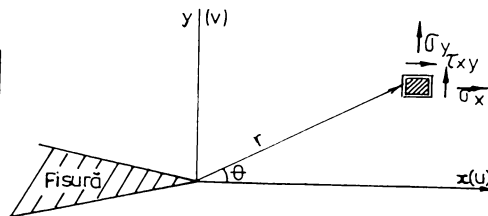


Fig. IV.24. Schema de calcul a eforturilor unitare și a deplasărilor.

- pentru modul I:

$$u = \frac{k_I}{2G} \left( \frac{r}{2\pi} \right)^{1/2} \cos \frac{\theta}{2} [k - \cos \theta] \quad (IV.31)$$

$$v = \frac{k_I}{2G} \left( \frac{r}{2\pi} \right)^{1/2} \sin \frac{\theta}{2} [k - \cos \theta] \quad (IV.32)$$

$$\delta_x = \frac{k_1}{(2\pi r)^{1/2}} \cos \frac{\theta}{2} \left[ 1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right] \quad (\text{IV.33})$$

$$\delta_y = \frac{k_1}{(2\pi r)^{1/2}} \cos \frac{\theta}{2} \left[ 1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right] \quad (\text{IV.34})$$

$$\tau_{xy} = \frac{k_1}{(2\pi r)^{1/2}} \cos \frac{\theta}{2} \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \quad (\text{IV.35})$$

- pentru modul II:

$$u = \frac{k_2}{2G} \left( \frac{r}{2\pi} \right)^{1/2} \cos \frac{\theta}{2} [2 + k + \cos \theta] \quad (\text{IV.36})$$

$$v = \frac{k_2}{2G} \left( \frac{r}{2\pi} \right)^{1/2} \sin \frac{\theta}{2} [2 - k - \cos \theta] \quad (\text{IV.37})$$

$$\delta_x = \frac{k_2}{(2\pi r)^{1/2}} \sin \frac{\theta}{2} \left[ 2 + \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \right] \quad (\text{IV.38})$$

$$\delta_y = \frac{k_2}{(2\pi r)^{1/2}} \cos \frac{\theta}{2} \left[ 1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right] \quad (\text{IV.39})$$

$$\tau_{xy} = \frac{k_2}{(2\pi r)^{1/2}} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \quad (\text{IV.40})$$

- pentru modul III:

$$\tau_{yz} = \frac{k_3}{(2\pi r)^{1/2}} \cos \frac{\theta}{2} \quad (\text{IV.41})$$

$$\tau_{xz} = \frac{k_3}{(2\pi r)^{1/2}} \sin \frac{\theta}{2} \quad (\text{IV.42})$$

în care:

G este modulul de elasticitate tangențial  $\left( G = \frac{E}{2(1+\mu)} \right)$ ;

k = 3 - 4μ, în starea de deformație plane;

r și θ - raza și unghiul în coordonate polare;

$K_1, K_2, K_3$  - factorii intensității eforturilor unitare. Ei depind de tipul solicitării, de geometria fisurii și de forma masivului.

În conformitate cu legile mecanicii ruperii, pentru  $r = 0$ , relațiile anterioare comportă o singularizare pentru eforturile unitare din jurul vârfului fisurilor, de forma  $\delta = K/\sqrt{r}$ , care arată că efortul unitar tinde spre infinit când raza tinde spre zero (legea principală a mecanicii ruperii).

Cele mai frecvente abordări ale fisurării straturilor bituminoase ca efect al fisurilor existente în straturile inferioare din materiale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici acceptă că ruperea se produce ca urmare a unor solicitări corespunzătoare modului I (fig. IV.23.) [17], [60], [108]. În aceste condiții, coeficientul intensității eforturilor unitare se poate determina, pentru vârful fisurii cu relații de calcul analitice, urmând ca eforturile unitare în punctul respectiv să fie determinate cu relațiile (IV.33)...(IV.35). De exemplu, pentru o placă de lungime infinită supusă la întindere printr-o solicitare uniform distribuită ( $p$ ) exercitată pe lățimea acesteia ( $b$ ), coeficientul intensității eforturilor unitare la capătul unei fisuri care se propagă pe lățimea plăcii ( $a < b$ ) este de forma [114]:

$$K = p \cdot \sqrt{a/b} \cdot f(a/b) \quad (IV.43)$$

în care :

$$f(a/b) = \left[ \frac{2b}{\pi a} \operatorname{tg} \frac{\pi a}{2b} \right]^{1/2} \times \frac{0,752 + 0,37 \left( 1 - \sin \frac{\pi a}{2b} \right)^3 + 2,02(a/b)}{\cos \frac{\pi a}{2b}} \quad (IV.44)$$

Interesantă este determinarea eforturilor unitare în jurul vârfului fisurii cu un program de calcul cu elemente finite, care să permită o modelare fidelă a realității. Se pare că [5], [12] răspunsul la această întrebare îl dă modelarea structurii rutiere ca în fig. IV.25. în cadrul căreia în zona vârfului fisurii se face o discretizare fină prin elemente finite cu 4 laturi și 8 noduri.

În aceste condiții, cunoscând eforturile unitare în puncte din jurul capătului fisurii și unghiurile  $\theta$  corespunzătoare se pot calcula în punctele respective coeficienții de intensitate ai eforturilor ( $K$ ). Aceștia pot fi utilizați ulterior pentru studiul propagării fisurilor prin straturile bituminoase, studiu care poate urmări:

- condițiile în care începe fisurarea;
- direcția de propagare a fisurilor;
- viteza de propagare a fisurilor.

Rezultate concrete în acest sens au fost obținute în special pentru ultimele direcții de cercetare enunțate [18], [49].

### Determinarea sensului se propagare a fisurilor

Dintre criteriile destinate studierii propagării fisurilor prin structuri metalice au fost reținute două care se pot adapta la condițiile de lucru ale structurilor rutiere [49]. Calculul presupune determinarea stării de eforturi în structura rutieră cu ajutorul metodei elementelor finite (vezi modelarea din fig. IV.25.) și aplicarea unuia din următoarele criterii:

- *criteriul lui Erdogan și Sih* care presupune aplicarea unei relații simple, dedusă pentru un mod mixt de rupere (I și II), de forma următoare:

$$K_1 \sin\theta + K_2(3\cos\theta - 1) = 0 \quad (IV.45)$$

în care:

$\theta$  este soluția ecuației, care marchează direcția după care eforturile unitare  $\delta_0$  devin maxime (direcția de propagare a fisurii);

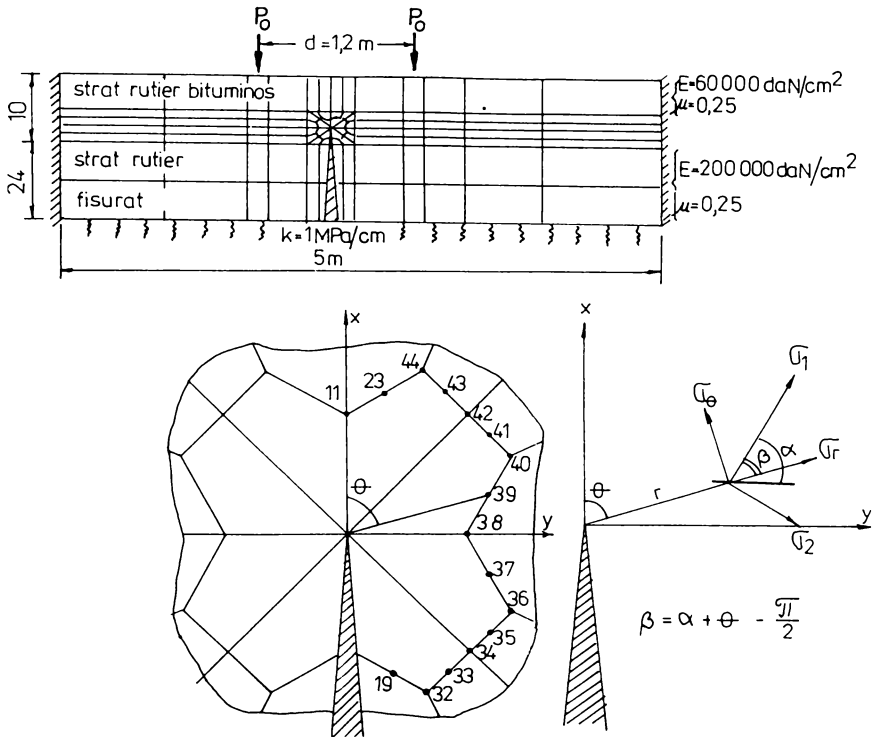


Fig. IV.25. Exemplu de modelare a structurii rutiere.

- *criteriul densității energiei de deformație*, are la bază, la rândul său, două ipoteze:

- sensul de propagare a fisurii corespunde direcției după care densitatea energiei potențiale (F) este maximă;

- intensitatea critică ( $S_c$ ) a acestui câmp determină inițierea propagării fisurii.

În aceste condiții, dacă P reprezintă energia potențială pe unitatea de volum și S intensitatea câmpului energiei de deformație, aceste ipoteze se pot scrie astfel:

$$\frac{\partial P}{\partial \theta} = 0 \text{ și } \frac{\partial^2 P}{\partial \theta^2} = 0 \quad (\text{IV.46})$$

pentru  $\theta = \theta_0$  (direcția de propagare a fisurii).

Deoarece:

$$P = -\frac{S}{r} \quad (\text{IV.47})$$

Aceste condiții, pentru  $\theta = \theta_0$ , devin de forma:

$$\frac{\partial S}{\partial \theta} = 0 \text{ și } \frac{\partial^2 S}{\partial \theta^2} = 0 \quad (\text{IV.48})$$

în care pentru modul mixt de rupere I și II, expresia intensității câmpului energiei de deformație este dată prin expresia analitică:

$$S = \frac{1}{16G} \{ [(3 - 4\mu - \cos\theta)(1 + \cos\theta)] K_1^2 + 4 \sin\theta [\cos\theta - (1 - 2\mu)] K_1 K_2 + 4 [(1 - \mu)(1 - \cos\theta) + (1 + \cos\theta)(3\cos\theta - 1)] K_2^2 \} \quad (\text{IV.49})$$

în care notațiile au semnificațiile menționate anterior.

Testarea posibilităților de utilizare a acestor criterii de propagare a fisurilor în sectorul rutier au fost efectuate pe o structură rutieră de tipul celei prezentate în fig. IV.25. Structura rutieră alcătuită din stratul din agregate naturale tratate cu ciment fisurat și stratul bituminos în curs de fisurare sunt plasate pe un masiv Westergaard cu un modul de reacție de  $10 \text{ daN/cm}^3$ . Pentru calcul se consideră câte o jumătate din dalele adiacente fisurii, iar deplasările orizontale ale marginilor verticale ale modelului de calcul sunt interzise. Structura rutieră s-a discretizat în 106 elemente finite cu 4 laturi, dintre care cele din jurul discontinuității au o formă specială pentru a urmări fenomenul de concentrare a eforturilor unitare din capătul fisurii. De asemenea, discretizarea ține cont de eterogenitatea structurii rutiere.

Încărcarea structurii rutiere se face sub forma unei presiuni uniform distribuite  $p_0$ , corespunzătoare solicitărilor transmise structurii de către roțile unor osii duble, care se situează la distanțe egale față de fisură.

Pentru această situație concretă s-a ajuns la următoarele rezultate:

- pentru aplicarea criteriului lui Erdogen și Sih s-a procedat la calculul eforturilor principale  $\delta_1$  și  $\delta_2$  pentru o stare plană de deformății și s-a considerat că fisura se propagă după direcția corespunzătoare efortului unitar  $\delta_0$  maxim.

Eforturile  $\delta_r$ ,  $\delta_0$  și  $\delta_{r0}$  se pot calcula cu relațiile următoare:

$$\sigma_r = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\beta \quad (IV.50)$$

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\beta \quad (IV.51)$$

$$\tau_{r0} = -\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\beta \quad (IV.52)$$

Pentru a ține seama și de legea principală a mecanicii ruperii se alege o rază de referință  $r_0 = 1$  și se determină eforturile unitare pe circumferința cercului de referință, astfel:

$$\sigma_{00} = \sigma_0 \frac{\sqrt{r}}{r_0} \quad (IV.53)$$

$$\sigma_{r0} = \sigma_r \frac{\sqrt{r}}{r_0} \quad (IV.54)$$

$$\tau_{r00} = \tau_{r0} \frac{\sqrt{r}}{r_0} \quad (IV.55)$$

În acest fel reprezentând grafic efortul  $\sigma\theta_0$  pentru punctele din jurul fisurii (fig. IV.25.) se găsește unghiul  $\theta_0$ , corespunzător efortului maxim, care definește direcția de propagare a fisurii.

Pentru situația prezentată în fig. IV.25. s-a obținut  $\theta_0 = 115^\circ$ , iar pentru cazul unei singure încărcări  $p_0$  plasată în același plan cu fisura s-a găsit  $\theta = 120^\circ$ ;

- pentru aplicarea criteriului energiei de deformăție s-au determinat valorile  $K_1$  și  $K_2$  plecând de la eforturile unitare calculate pe axa Ox (punctele 11 și 12) și Oy (punctele 38 și 54) în conformitate cu discretizarea prezentată în fig. IV.25.

Aplicând apoi relațiile de calcul (IV.48) și (IV.49) se găsește unghiul  $\theta_0 = 125^\circ$  pentru situația prezentată în fig. IV.25.

Rezultă că există o bună concordanță între rezultatele obținute prin aplicarea celor două criterii pentru propagarea fisurilor prin straturile bituminoase. Se găsește că fisura se propagă spre interfața dintre cele două straturi, lărgindu-se și producând în același timp o dezlipire a celor două straturi, ambele cu efecte asupra înaintării fisurii spre suprafață.

### Determinarea timpului de propagare a fisurii

Pentru determinarea timpului de propagare a fisurilor din straturile rutiere tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, prin straturile bituminoase superioare se acceptă aplicarea legii lui Paris [15], [18], [108].

$$\frac{\Delta N}{\Delta E} = A(\Delta K_I)^m \quad (IV.56)$$

în care:

$\Delta f$  este creșterea lungimii fisurii pentru o creștere a numărului de cicluri cu  $\Delta N$ ;

$\Delta K_I$  - variația factorului intensității eforturilor unitare, pentru modul I de rupere, pentru un ciclu de încărcare trecerea unui vehicul sau a unui ciclu termic zilnic), sau altfel spus  $\Delta K_I = K_I(\delta_{\max}) - K_I(\delta_{\min})$ :

$m$  - coeficient al materialului care depinde de comportarea acestuia vizavi de fisurare;

$A$  - coeficient de proporționalitate.

În timp ce coeficienții  $m$  și  $A$  rămân, pentru un caz dat, constanți, factorul de intensitate al eforturilor unitare  $K_I$  variază o dată cu înălțimea fisurii  $f$  și se determină prin calcule cu elemente finite. După determinarea legii de variație  $K_I(f)$  se poate integra legea lui Paris și stabili numărul de cicluri până la obținerea unei fisuri cu înălțimea  $f$ , sau numărul de cicluri până la fisurarea completă  $N_T = N(h)$ .

Acest procedeu de calcul poate fi aplicat pentru două tipuri de solicitări:

- solicitări de origine termică, când se stabilește numărul de gradiente termice până la rupere;

- solicitări legate de trafic, când se determină numărul total de cicluri de încărcare care produce ruperea.

a) *Studiul solicitărilor termice* se începe prin calcularea factorului de intensitate a eforturilor unitare. Pentru aceasta se apelează la modelarea structurii rutiere din fig. IV.26. și se ține cont de faptul că viteza redusă de aplicare a încărcărilor (cicluri termice zilnice) conferă îmbrăcămintei bituminoase o foarte mică rigiditate (se lucrează de regulă cu raportul  $E_2/E_1=200$ ). Prin urmare deformațiile stratului inferior nu sînt deloc, sau foarte puțin, combătute prin stratul bituminos.

În aceste condiții deschiderea fisurii la baza stratului bituminos rămâne aproape constantă indiferent de mărimea acesteia, ipoteză de la care se pleacă pentru calcularea lui  $K_I$  (fig. IV.26.).



Astfel, în starea de deformații plane, pentru un unghi  $\theta = N$  pornind de la relația (IV.32) se obține:

$$v = \frac{4K(1-\mu)}{G} \times \left(\frac{r}{2\pi}\right)^{1/2} \quad (IV.57)$$

$$K = \frac{e \cdot G}{4} (1-\mu) \times \left(\frac{f}{2\pi}\right)^{1/2} \quad (IV.58)$$

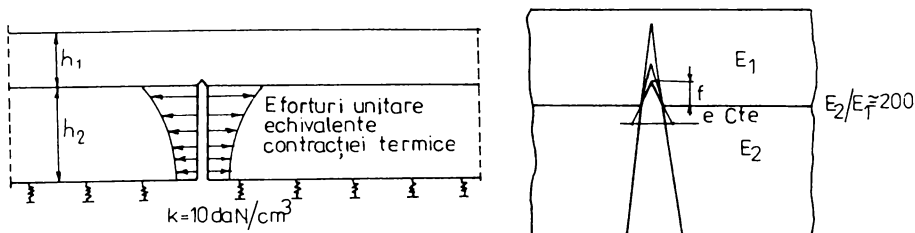


Fig. IV.26. Modelarea structurii rutiere pentru solicitările termice.

Dacă deschiderea ( $e$ ) este independentă de înălțimea fisurii ( $f$ ) ea este totuși proporțională cu variația de temperatură atmosferică (reflectată în temperatura suprafeței îmbrăcămintei):

$$e = A \times \theta_s \times e^{-\gamma h} \quad (IV.59)$$

în care:

$h$  este grosimea îmbrăcămintei bituminoase, în m;

$\gamma = \omega/2D$  ( $\gamma = 7,5 \text{ m}^{-1}$ );

$\omega$  - frecvența, în  $\text{s}^{-1}$ ;

$D$  - difuzia termică, în  $\text{m}^2/\text{s}$ ;

$\theta_s$  - temperatura suprafeței îmbrăcămintei, în  $^{\circ}\text{C}$ ;

$A$  - coeficient de proporționalitate, funcție de caracteristicile structurii rutiere, altele decât  $h$ .

Se găsește astfel:

$$K = A \cdot \theta_s \cdot e^{-\gamma h} \cdot \frac{G}{4(1-\mu)} \cdot \left(\frac{f}{2\pi}\right)^{1/2} \quad (IV.60)$$

Variația lui  $K$  se obține pentru un ecart zilnic de temperatură ( $\Delta\theta_0$ ) prin aplicarea relației de două ori. Cunoscând variația lui  $K$  se poate integra legea lui Paris, obținându-se în final ecuația următoare:

$$\frac{1}{1+m/2} \cdot [f^{(1+m/2)} - f_0^{(1-m/2)}] = B(N - N_0) \cdot e^{-myh} \quad (IV.61)$$

iar pentru  $f = h$ ;  $f_0 = 0$  și  $N_0 = 0$  se obține numărul de zile necesare pentru propagarea fisurii sub efectul variațiilor de temperatură până la nivelul suprafeței de rulare:

$$N = \frac{1}{B(1+m/2)} \cdot e^{myh} \cdot h^{(1+m/2)} \quad (IV.62)$$

în care:

$$B = C \cdot [A\Delta\theta s \cdot \frac{G}{4(1-\mu)} \cdot \sqrt{2r}]^m \quad (IV.63)$$

Se constată că numărul de cicluri până la rupere este influențat de două constante:

-  $m$  care este exponentul legii lui Paris. Inițial Paris a propus pentru acest coeficient o singură valoare  $m = 4$ . Experimentările efectuate anterior au arătat că variația lui  $m$  pentru calculul structurilor rutiere de la 3 la 4 are o mică influență asupra rezultatelor obținute [18];

-  $B$  constantă multiplicativă.

Se consideră că determinarea constantelor  $m$  și  $B$  se poate efectua prin corelație statistică, în urma urmării influenței grosimii stratului bituminos asupra timpului în care fisura se transmite până la suprafață [18], [108].

În acest sens se pot preciza rezultatele din tabelul IV.23. obținute pentru  $m = 3$  și pentru diferite grosimi ale stratului bituminos, care cresc de la  $h_i$  la  $h_r$ .

Tabelul IV.23.

$h_r$ [cm] \ $h_i$ [cm]	4	6	8	10	12	14	16	18	20
4	-	4,3	14	38	94	217	476	1002	2046
6	-	-	3,2	8,8	22	50	110	232	473
8	-	-	-	2,7	6,8	16	34	72	147
10	-	-	-	-	2,5	5,7	12	26	54
12	-	-	-	-	-	2,3	5	11	22
14	-	-	-	-	-	-	2,2	4,6	9,4
16	-	-	-	-	-	-	-	2,1	4,9
18	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Notă: Creșterea grosimii stratului bituminos de la 8 la 14 cm conduce la multiplicarea timpului de transmitere a fisurii de 16 ori.

b) Studiul solicitărilor de trafic presupune de asemenea determinarea variației factorului de intensitate a eforturilor unitare ( $\Delta K$ ), pentru diferite înălțimi ale fisurii ( $f$ ), cu ajutorul unui model cu elemente finite de tipul celui din fig. IV.27. Pentru fiecare  $f$  considerat, cu factorul de intensitate al eforturilor unitare determinat ( $x$  din fig. IV.27. fiind variabil) se integrează legea lui Paris și se determină numărul de cicluri până la rupere:

$$\int_{f_0}^f \frac{df}{(\Delta K)^{m/2}} C(N - N_0) \quad (IV.64)$$

Determinarea factorului de intensitate a eforturilor unitare se face prin extrapolare pentru  $r \rightarrow 0$ , pornind de la eforturile unitare sau deplasările calculate în jurul fisurii.

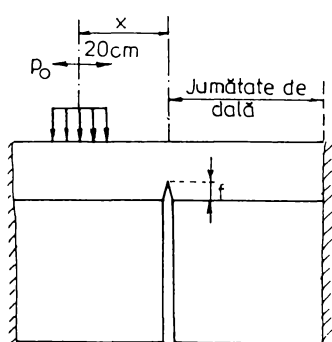


Fig. IV.27. Model de calcul pentru calculul solicitărilor din trafic.

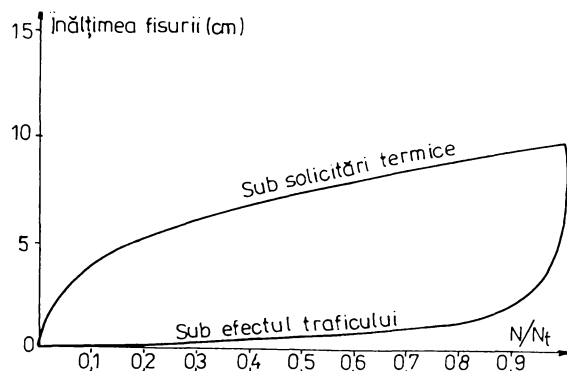


Fig. IV.28. Evoluția fisurii în funcție de solicitările din trafic și termice.

Experimentările efectuate în acest sens au arătat că reducerea grosimii straturilor bituminoase de la 14 la 10 cm, respectiv la 6 cm conduce la divizarea timpului de apariție a fisurilor la suprafața cu 65, respectiv cu 2500 [18], [108].

Pe de altă parte, legile care arată evoluția fisurării prin straturile bituminoase sunt total diferite funcție de solicitări. Astfel, pentru solicitările termice se remarcă o evoluție mai rapidă a fisurării în prima perioadă de aplicare a încărcărilor ciclice, în timp ce în cazul solicitărilor din trafic, evoluția mai rapidă se remarcă înaintea fisurării complete (fig. IV.28).

### 3.1.5.2. Comportarea în exploatare a structurilor rutiere mixte, fără straturi cu rol de preluare a fisurilor

Urmare Decretului 197/1997, Direcția Regională Drumuri și Poduri Timișoara a preluat și a clasat ca drumuri naționale și DN79A Vârfuri - Chișineu Criș, alături de alte drumuri locale din cadrul regionalei. Pe sectorul Ineu - Chereluș (km 69+170 și km 84+750), traseul acestui drum era din pământ. Doctorandul în calitate de beneficiar și executant a participat și a coordonat direct modernizarea acestui traseu. Lipsa de fonduri financiare și criza de materiale cu care s-a confruntat sectorul rutier în acea perioadă ne-a condus la realizarea unei structuri rutiere mixte (fig. IV.28' a, b) fără straturi cu rol de preluare a fisurilor.

Dozajele folosite pentru realizarea straturilor stabilizate (fig. IV.28' a, b) au fost în general următoarele: balast 7 % ; zgură granulată de Hunedoara 25 % și var 2%. Straturile stabilizate au fost executate la fața locului, prin așternerea materialelor și amestecarea acestora prin treceri succesive cu lama autogrederului. Compactarea am realizat-o cu 15...18 treceri ale compactatorului cu rulouri netede.

Paralel cu modernizarea acestui sector, am realizat și lărgirea sectorului de drum DN79A Chereluș - Sinteza Mare (km 84+750 și km 95+450), sector care avea la data respectivă o îmbrăcăminte din pavaj de la lățimea de 4 m la lățimea de 7 m, lărgirile realizându-le cu structuri rutiere mixte, fără straturi cu rol de preluare a fisurilor.(fig. IV.28' a, b).

Peste straturile stabilizate cu lianți puzzolanici s-a realizat un anrobat bituminos A.B.3i, impermeabilizat cu tratament bituminos.

Observațiile efectuate în decursul anilor de către doctorand asupra structurilor rutiere realizate pe DN79A, Ineu - Chișineu Criș, au scos în evidență existența unor fisuri transversale pe toată lățimea părții carosabile, la intervale de 6...8 m. De asemenea în axă și la suprafața de contact dintre structura rutieră existentă și cea executată pentru supralărgiri, s-au constatat fisuri și crăpături longitudinale, cu lungimi cuprinse între 200...400 m, precum și faianțări și fisuri multiple .

În urma prelevării a patru carote din sectorul cu defecțiuni (km 92+100; 92+780; 93+120; 93+930) s-a constatat o legătură intimă dintre stratul de mixtură asfaltică și materialul tratat cu zgură-var, precum și faptul că atât fisurile transversale cât și cele longitudinale, care se observă la nivelul suprafeței de rulare, străbat întreaga grosime a stratului de fundație. Analizele de laborator ale celor patru probe extrase din structura rutieră au condus la rezultatele din tabelul IV.24.

Analizarea rezultatelor încercărilor de laborator conduce la concluzia că apariția defecțiunilor constatate nu are drept cauză calitatea mixturii asfaltice (caracteristicile acesteia fiind în general corespunzătoare, iar punctul de înmuiere I.B. poate apărea normal pentru o mixtură asfaltică aflată mulți ani în exploatare).

În acest context s-a stabilit că fisurile transversale la intervale regulate, au drept cauză fisurarea din contracție a stratului din balast stabilizat cu zgură și var (rezistențele mecanice determinate pe epruvete tăiate din acest material atestă acest

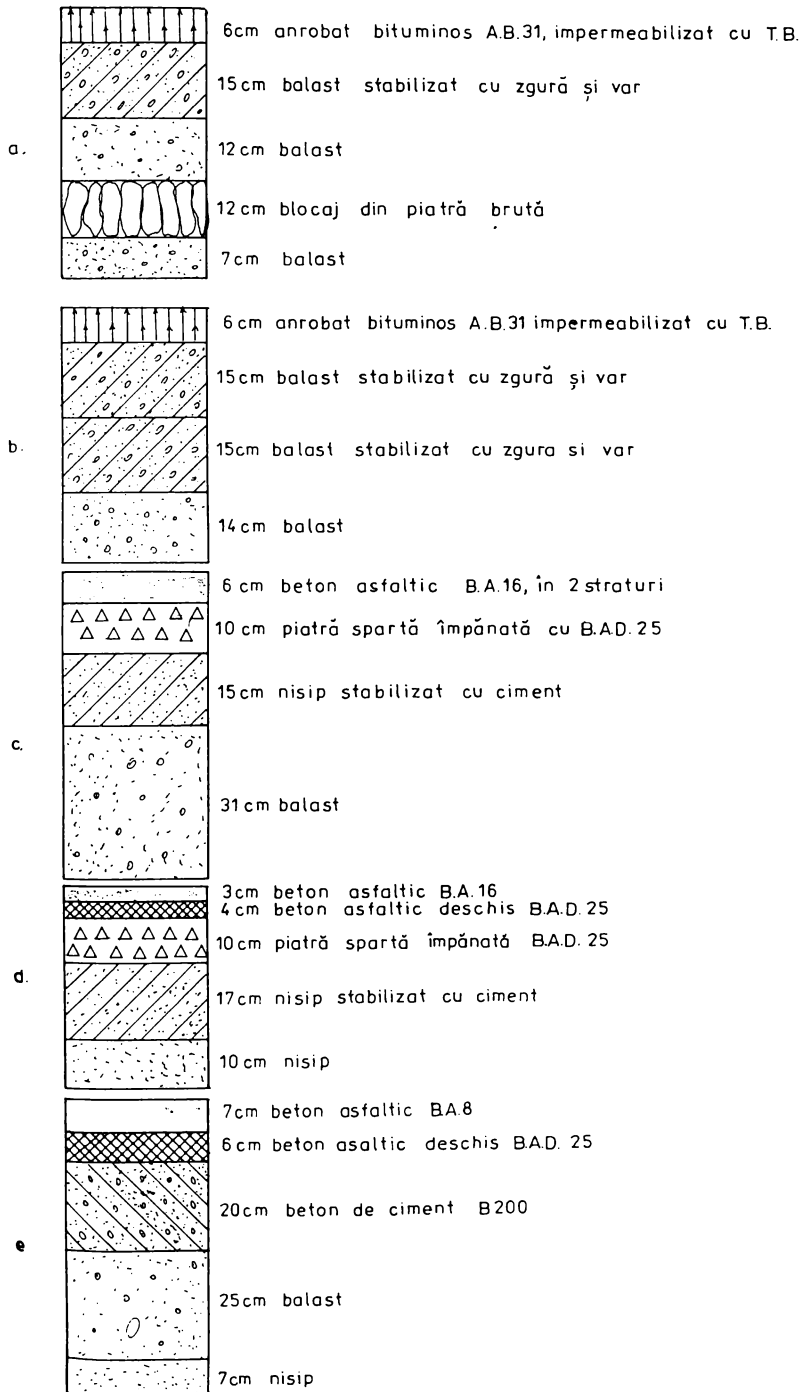


Fig. IV.28'. Structuri rutiere mixte aflate în exploatare în sud-vestul României.

**REZULTATELE ÎNCERCĂRILOR DE LABORATOR EFECTUATE PE  
PROBELE PRELEVATE DE PE DN79A**

Nr. crt.	Caracteristica	Proba 1 km 92+100 st.	Proba 2 km 92+780 dr.	Proba 3 km 93+120 st.	Proba 4 km 93+930 dr.
4.	$R_c$ la 22 °C [N/mm <sup>2</sup> ]	5,1	5,3	5,2	5,3
5.	$R_c$ la 50 °C [N/mm <sup>2</sup> ]	1,6	1,7	1,5	1,6
6.	Densitatea aparentă [kg/m <sup>3</sup> ]	2320	2210	2290	2280
7.	Absorbția de apă [%]	1,6	3,6	4,7	3,5
8.	Umflarea [%]	1,2	1,7	0,6	1,1
9.	Stabilitatea Marshall [daN]	656	850	750	800
10.	Indicele de curgere [mm]	2,3	2,2	2,2	2,3
11.	Conținutul de bitum [%]	4,6	4,0	5,5	5,0
12.	Granulozitate	bună	bună	bună	bună
13.	I.B. a bitumului extras [%]	64	67	63	65
14.	Rezistența la compresiune a betonului stabilizat, în epruvete cubice [daN/cm <sup>2</sup> ]	91	107	84	96

lucru), care sub efectul traficului și al variațiilor de temperatură (favorabil acționând și legătura dintre straturi) s-a transmis prin stratul superior până la nivelul suprafeței de rulare.

Fisurile și crăpăturile longitudinale din axa drumului apar la suprafața de contact a straturilor din balastul stabilizat cu zgură și var, realizate separat pe lățimea celor două benzi de circulație și au drept cauză tasarea mai mare a supralărgirii.

Deschiderea de 3...6 cm a acestor crăpături este accentuată de capacitatea portantă insuficientă a structurii rutiere, care a fost calculată pentru un  $E_{ch.ef.} = 650$  daN/cm<sup>2</sup> (1750 vehicule etalon A13, la nivelul anului 1985).

Deschiderea fisurilor longitudinale în axa drumului este amplificată prin prezența în patul drumului a unei argile prăfoase cu indicele de plasticitate cuprins între 22...24 % și modul de deformație cuprins între 82...100 daN/cm<sup>2</sup>. În anotimpuri secetoase pământurile de fundare de acest tip, în urma contracțiilor puternice, pot conduce la fisurarea longitudinală sau după altă direcție a structurii rutiere. Pentru sectorul analizat, s-au pus în evidență două forme de producere a defecțiunilor și anume:

- fără pierderea coeziunii materialului, care este numai decapat în blocuri de mari dimensiuni prin fisuri longitudinale din oboseală și fisuri transversale mai dese decât fisurile din contracție; se sesizează de asemenea pe unele sectoare o creștere a defecțiunilor, în timp ce uniformitatea suprafeței de rulare este păstrată;

- cu pierderea coeziunii materialului stabilizat cu lianți hidraulici care revine la caracteristicile unui agregat natural netratat; în acest caz defecțiunile care au fost inventariate sunt: faianțări și fâgașe, creșterea deflexiunii și scăderea produsului "R-d" sub 15.000; după părerea autorului, la acest mod de comportare ajung agregate de calitate mediocră care au fost puse defectuos în operă (compactare insuficientă, umiditate la fabricare foarte mare, trafic în perioada de priză etc.).

### 3.1.5.3. Comportarea în exploatare a structurilor rutiere mixte înglobând straturi pentru prevenirea transmiterii fisurilor

Preocupările doctorandului pentru realizarea unor structuri rutiere mixte cu straturi pentru prevenirea transmiterii fisurilor, datează din anul 1979 când împreună cu un grup de specialiști din cadrul DRDP Timișoara au realizat o astfel de structură pe DN69 Timișoara - Arad cu ocazia realizării lucrărilor de mărire a capacității de circulație la ieșire din municipiul Timișoara, prin construirea unei a doua benzi de circulație pe fiecare sens.

Structura rutieră realizată pe aceste lărgiri, prezentată în fig.IV.30 c, d, are în componența sa un strat de nisip stabilizat cu 9 % ciment peste care s-a executat un strat de piatră spartă împănată cu B.A.D.25, cu rolul de a împiedica transmiterea fisurilor din contracție prin straturile bituminoase ale îmbrăcămintei.

Stabilizarea nisipului cu ciment s-a realizat în instalații fixe (I.N.S-uri), s-a pus în operă cu autogrederul și s-a compactat cu o grindă vibratoare.

Investigațiile făcute de doctorand de la execuție și până în anul 1997, (an în care sectorul a fost reabilitat), a condus la concluzia că suprafața de rulare a structurilor rutiere executate pe benzile laterale (lărgiri) prezintă mai multe defecțiuni decât benzile centrale (existente). Principalele defecțiuni reținute pe benzile laterale au fost: fisuri și crăpături la rostul de contact între cele două structuri; fâgașe, cedări și tasări locale, defecțiuni care atestă lipsa de capacitate portantă și o compactare insuficientă a structurilor ce alcătuiesc benzile laterale. Pentru a lămuri clar fenomenul petrecut pe acest sector doctorandul a studiat trei probe medii din structura rutieră a benzilor laterale și a efectuat încercări de laborator a căror rezultate sunt redată în tabelul IV.25.

Tabelul IV.25.

#### REZULTATELE DE LABORATOR PE PROBE DE PE DN 69

Nr. crt.	Caracteristica	Proba 1 km 4+700 st.	Proba 2 km 5+200 dr.	Proba 3 km 6+100 dr.
1.	$R_c$ la 22 °C [N/mm <sup>2</sup> ]	4,0	3,7	4,6
2.	$R_c$ la 50 °C [N/mm <sup>2</sup> ]	1,2	1,2	2,0
3.	Stabilitatea Marshall [daN]	550	638	820
4.	Indicele de curgere [mm]	4,0	3,6	4,2
5.	Densitatea aparentă [kg/m <sup>3</sup> ]	2200	2300	2250
6.	Absorbția de apă [%]	6	5	7
7.	Conținutul de bitum [%]	6,5	6,9	6,9
8.	I.B. pe bitumului extras [%]	67	68	68
9.	Rezistența la compresiune a betonului stabilizat, în epruvete cubice [daN/cm <sup>2</sup> ]	-	-	29

Comentând rezultatele obținute, se observă că mixtura asfaltică deși are o densitate aparentă necorespunzătoare și un bitum îmbătrânit, se situează în apropierea caracteristicilor prescrise. S-a constatat însă că nisipul stabilizat este lipsit, în general, de coeziune, el lucrând în realitate ca un nisip nestabilizat, rezultând o capacitate portantă a benzilor laterale mai mică decât a benzilor centrale, justificându-se astfel defecțiunile inventariate. Explicația fenomenului prin care nisipul stabilizat cu ciment s-a transformat într-un nisip netratat este una singură și anume darea în circulație (presați de timp și de organele locale) înainte de atingerea rezistențelor mecanice necesare, fapt care a condus la microfisurarea stratului și apoi la distrugerea legăturilor liante în formare .

Fisurile și crăpăturile longitudinale ce au apărut în zona de contact a celor două structuri rutiere (cea nou executată și veche) se datorează, pe lângă cauza descrisă pentru justificarea lipsei de capacitate portantă și faptului că nu s-a realizat o compactare corespunzătoare a nisipului stabilizat, cele două cauze fiind corelate și cu existența traficului greu pe benzile laterale.

Nu același lucru s-a întâmplat pe sectorul cu patru benzi executat pe DN6 la intrarea în municipiul Timișoara, unde pentru lărgirile executate s-a folosit aceeași structură rutieră ca pe DN69, iar fisurile din contracție care au apărut în mod cert în stratul stabilizat, după 16 ani de exploatare nu au apărut la nivelul suprafeței de rulare; acest lucru se datorează atât faptului că execuția a fost efectuată corect și rolului de strat antifisură al stratului de piatră spartă de 10 cm împănată cu B.A.D.25, întrepus între stratul stabilizat și straturile de mixtură asfaltică.

#### **3.1.5.4. Tehnologii specifice pentru încetinirea sau împiedicarea transmiterii fisurilor prin straturile rutiere bituminoase**

Se consideră, în general, că apariția unor fisuri fine, care să nu influențeze negativ uniformitatea suprafeței de rulare, constituie o comportare normală a structurilor rutiere mixte. Când fisurile se lărgesc, iar suprafața din jurul lor se degradează progresiv, este clar că specialiștii din sectorul rutier trebuie să intervină pentru stoparea sau/și eliminarea acestor fenomene, gândind și aplicând tehnologii care reduc la maxim sau împiedică propagarea fisurilor.

Tehnologiile utilizate în tehnica rutieră pentru împiedicarea transmiterii fisurilor în îmbrăcămintea bituminoasă, studiate, și unele din ele aplicate de autor în cadrul Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara, se împart în două grupe mari:

- tehnologii pentru provocarea și localizarea fisurilor;
- tehnologii pentru stoparea transmiterii fisurilor, care la rândul lor, se împart

în:

- tehnologii de suprafață;



- tehnologii de interpunere.

### **Tehnologii pentru provocarea și localizarea fisurilor**

Prin realizarea acestor tehnologii se urmărește: limitarea consecințelor ce derivă din apariția fisurilor în îmbrăcămintea bituminoasă, facilitarea întreținerii fisurilor odată apărute și micșorarea pasului dintre fisuri și deci implicit micșorarea deschiderii acestora (rezultă o mai bună comportare mecanică a structurilor ca urmare a concentrărilor de eforturi mai mici în stratul bituminos în zona fisurată).

În acest context, au apărut tehnologii care urmăresc :

♦ *Crearea de fisuri ordonate.* Tehnologiile încadrate în această categorie au fost create și testate pornind de la principiul că prin provocarea fisurilor se poate menține constant pasul dintre ele, lucru ce conduce la o mai bună repartizare a solicitărilor din variații de temperatură, cu consecințe asupra stării generale de eforturi în zonele fisurate. În Franța s-au experimentat mai multe tehnologii care urmăresc crearea ordonată a fisurilor, [17]; [41]; [78]; [108]; [109]; [110], dintre care autorul a studiat:

♦ *Micșorarea locală a grosimii stratului rutier.* Această tehnologie pornește de la principiul potrivit căreia fisurile din contracție apar în secțiunile transversale cele mai slabe ale stratului.

Micșorând grosimea stratului cu ajutorul unor materiale (rigle din lemn, profile de cauciuc etc.) cu circa 1/10, în zona respectivă se obține o fisură în urma contracției.

♦ *Rosturi tăiate.* Această tehnologie presupune tăierea unor rosturi echidistante în stratul de agregate naturale tratate cu lianți puzzolanici sau hidraulici, imediat după compactare, cu ajutorul unui tăietor de rosturi sau cu un cuțit montat pe un cilindru vibrator. Experimentările efectuate în Franța au condus la următoarele concluzii: după primele două ierni, nu a apărut nici o fisură în zona rosturilor tăiate la 3 m; s-a inventariat un început de fisură la rosturile tăiate la 5 m și s-a constatat o fisurare completă la rosturile tăiate la 7 m.

♦ *Rosturi active.* Rolul rostului activ este de a menține continuitatea mecanică a structurii vizavi de solicitările verticale. Acest lucru se realizează prin:

- distanța redusă dintre rosturi (cca. 2,00 m); acest lucru face ca deschiderea fisurilor să fie redusă fapt care asigură o anumită conclucrare între ele;

- introducerea profilelor de formă sinusoidală în stratul de materiale tratat cu lianți puzzolanici sau hidraulici; acest lucru îmbunătățește îmbinarea dintre cele două dale formate, limitează deplasările dalelor una față de alta la trecerea autovehiculelor și permite o mai bună repartizare a eforturilor de la o dală la alta. Profilele sinusoidale sunt confecționate din material plastic și se introduc cu ajutorul unui utilaj perfecționat în axa fiecărei benzi de circulație pe o lățime de 2,30 m când materialul stabilizat este proaspăt.

♦ *Prefisurarea cu emulsie bituminoasă.* Tehnologia [129] constă în realizarea unei tăieturi (zgârieturi) în profiluri transversale echidistante (2...3 m) ale stratului rutier stabilizat, înainte de compactare, tăietură protejată cu emulsie bituminoasă.

Acest lucru ameliorează transmiterea fisurilor în îmbrăcămintea bituminoasă datorită rolului pe care îl are emulsia bituminoasă și anume :

- prin faza sa apoasă ,cu pH redus, ea încetinește priză liantului în zona respectivă și creează o zonă cu rezistențe mecanice mai mici, favorabilă fisurării;
- prin faza sa dispersată ea creează o discontinuitate care favorizează fisurarea.

Bitumul din emulsie permite impermeabilizarea în zona fisurii. Cantitatea de emulsie folosită pentru un strat de 20 cm grosime și la distanța de 3 m este de  $0,21/m^2$  de parte carosabilă ( $L = 7,00$  m), deci costurile de execuție sunt mici.

Lucrarea se execută cu ajutorul unui utilaj special creat în Franța în anul 1988 [12], care permite crearea automată a fisurilor transversale în straturile rutiere din agregate naturale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici (procedeul CRAFT).

Utilajul este format dintr-un tractor pe care în partea sa frontală este instalat echipamentul pentru prefisurare, compus dintr-un braț de manevră și de ghidare a cuțitului. Pe tractor este montat rezervorul de liant, un compresor, un grup electrogen și o pompă hidraulică care permite acționarea echipamentului.

Brațul de manipulare articulată sub formă de compas permite poziționarea cuțitului la marginea stratului și tăierea acestuia pe toată adâncimea lui (max. 30 cm) și o lățime de max. 3,50 m. Operația de tăiere este ajutată de un vibrator. O dată cu tăierea materialului se face și injectarea emulsiei bituminoase în discontinuitatea creată (fig.IV.29)

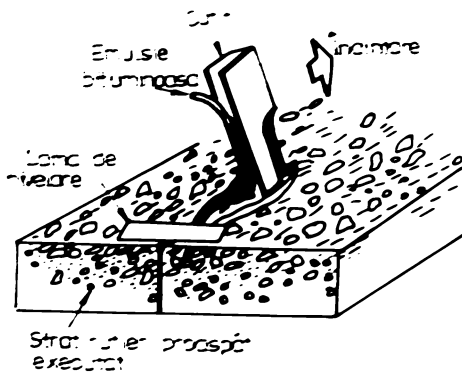


Fig. IV.29. Principiul de funcționare a echipamentului.

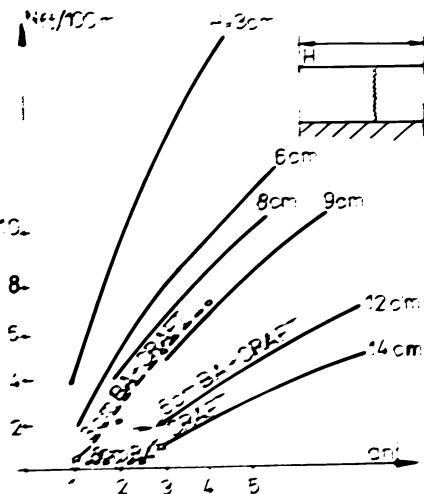


Fig. IV.30. Evoluția fisurării pe sectoarele prefisurate cu CRAFT.

Dacă lățimea stratului rutier este mai mare decât lățimea de lucru a utilajului se procedează la mai multe treceri succesive până la prefisurarea întregii lățimi.

Pentru colmatarea fisurii se folosește o emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă, după efectuarea prefisurabilității se trece la efectuarea operației de compactare.

În urma experimentării tehnologiei (peste 120 km executați) s-a tras concluzia că prefisurarea CRAFT este mai eficientă decât 5...6 cm de mixtură asfaltică în fața propagării fisurilor.

Diagrama numărului de fisuri transversale pe 100 m ( $N_f/100$  m) funcție de grosimea stratului bituminos și vârsta este redată în fig. IV.30

La acest aspect se adaugă faptul că în cazul tehnologiei CRAFT fisurile sunt fine ( $< 0,5$  mm) față de fisurile naturale care depășesc 1,0 mm, deci și conlucrarea dintre dale în zona rostului este bună.

Până în prezent în cadrul DRDP Timișoara nu a fost aplicată nici una dintre tehnologiile menționate mai sus.

Contribuția doctorandului la această problemă constă în faptul că a propus promovarea aplicării ei în cadrul DRDP Timișoara și a lansat și urmărește în fabricație autohtonă utilajul necesar realizării tehnologiei.

♦ *Crearea de fisuri neordonate.* Prin acest procedeu se dorește reducerea deschiderii fisurilor datorate contracției materialului, fenomen care se poate obține prin creșterea numărului de fisuri. Pentru acest lucru se realizează un strat microfisurat cu o comportare pseudocontinuu, care funcționează ca un ansamblu de dale mici articulate a căror comportare sub trafic este intermediară între un strat monolit și unul din agregate naturale netratate cu lianți.

Obținerea stratului microfisurat se poate face fie prin acceptarea traficului de șantier în perioada de priză, fie prin solicitarea stratului după întărire la încărcări concentrate mari. Încercările verticale concentrate sunt obținute prin lovirea stratului cu o bilă de o tonă care cade liber de la o înălțime de 10...30 cm, pe un disc metalic perfect orizontal, de 20 cm și grosimea de 1...2 cm. Loviturile sunt date în mijlocul fiecărei benzi de circulație, ruperea propagându-se în diagonală (fig. IV.31.a), rezultând fisuri sub formă de petale (fig. IV.31.b).

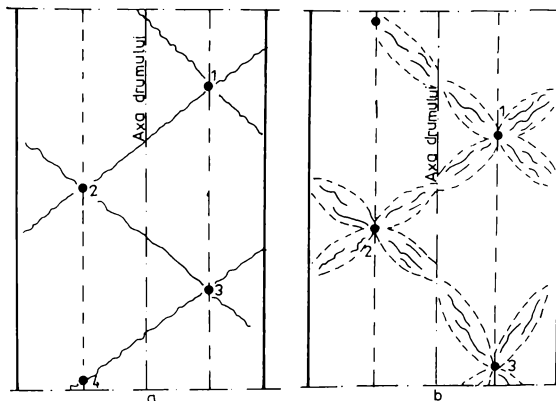


Fig. IV.31. Fisurarea neordonată a straturilor rutiere din agregate naturale tratate cu lianți hidraulici.

Utilizarea unei astfel de tehnologii implică renunțarea la o bună parte din capacitate portantă a stratului rutier, fapt care după părerea doctorandului nu se justifică nici tehnic și nici economic.

### **Tehnologii de suprafață pentru stoparea transmiterii fisurilor din contracție prin straturile bituminoase.**

În multe situații apariția fisurilor din contracție din straturile inferioare la nivelul suprafeței de rulare nu are consecințe imediate asupra stării de viabilitate a drumului. Aceste suprafețe pot deveni cu timpul suprafețe "MEDIOCRE" sau "RELE", datorită dezvoltării fisurilor. Pentru preîntâmpinarea acestui lucru este necesar să se execute lucrări de întreținere pentru împiedicarea transmiterii fisurilor în straturile rutiere care se mai execută peste îmbrăcămintea existentă sau lucrări pentru stoparea fisurabilității.

Pornind de la aceste considerente au fost create și aplicate o serie de tehnologii pe bază de mixturi asfaltice sau tratamente bituminoase care să răspundă la obiectivele susmenționate:

- *Mixturi asfaltice antifisuri*. Doctorandul a studiat și aplicat în cadrul DRDP Timișoara câteva tipuri de mixturi asfaltice pentru împiedicarea transmiterii fisurilor și a ajuns la următoarele concluzii:

- ◆ *Betoanele asfaltice*: influențează transmiterea fisurilor din contracție astfel:
- ◆ grosimea stratului bituminos trebuie să fie de minim 9 cm pentru ca fisurile să nu apară la suprafață în 6 ani (ex. DN79 km 43+000...49+000);
- ◆ cu cât bitumul utilizat este mai moale cu atât riscul de fisurare este mai redus;
- ◆ în acest context utilizarea unor bitumuri mai moi, modificate, în doze ridicate, permite încetinirea transmiterii fisurilor.
- ◆ *Anrobate bituminoase*: încetinesc transmiterea fisurilor ca urmare a volumului de goluri mai ridicat. Acest lucru devine însă și un impediment în depistarea fisurilor în prima perioadă de apariție (datorită volumului ridicat de goluri).

◆ *Mortare asfaltice cludate*: au eficiența cea mai ridicată vizavi de împiedicarea fisurilor. Doctorandul a experimentat pentru prima dată acest tip de mixtură, în anul 1986 pe DN79A km 117+000...118+000, folosind următorul dozaj: nisip natural 40...50 %; nisip de concasaj 0...60 % și bitum 7,5 %. Cludarea s-a realizat cu cribluri preanrobate cu 1 % bitum, obținându-se și o rugozitate corespunzătoare pentru suprafața de rulare [45].

Literatura de specialitate studiată de doctorand mai recomandă:

◆ *Sistemul bistrat*: format dintr-un strat de mortar asfaltic (nisip 0/4 cu 9...10% bitum, eventual modificat) cu grosimea de 1,5...2,0 cm peste care se realizează un beton asfaltic cu grosimea de 4...6 cm sau mai mult.

◆ *Sistemul bistrat antifisuri FISTOP*: pornește de la ideea anterioară, dar folosește bitum moale de penetrație 180...200 1/10 mm (modificat, pentru evitarea formării făgașelor) în scopul îmbunătățirii calității antifisuri a stratului din mortar asfaltic.

- *Tratamente bituminoase antifisuri*: experimentările și cercetările efectuate în Franța și SUA, au condus la următoarele concluzii, referitor la folosirea tratamentelor pentru evitarea transmiterii fisurilor:

- ◆ *Tratamente bituminoase clasice*: pot întârzia transmiterea fisurilor fine, dar nu conduc la împiedicarea fenomenului;

- ◆ *Tratamente bituminoase groase*: se realizează pe bază de bitum modificat cu cauciuc sau elastomeri, astfel încât să se asigure la punerea în operă o peliculă de cca. 3 mm grosime, față de 1,0...1,5 mm în cazul tratamentelor bituminoase clasice. Dozajele folosite pentru astfel de tratamente sunt în general următoarele [26]:

- bitum 75...80 % și ulei 1...5 %.

Prudeta de cauciuc vulcanizat (granulozitate 600...2000 Sm) este amestecată cu bitum-ulei omogenizat în prealabil la 204 °C. Dozajul de liant utilizat este de 2,0...3,2 l/m<sup>2</sup>, iar agregatele naturale se răspândesc încălzite sau/și preanrobate cu 0,25...0,75 % bitum (SUA);

- aceleași dozaje ale componentelor ca diferență că prudeta de cauciuc provine 40 % din cauciuc nevulcanizat și 60 % din cauciuc vulcanizat, din care 30 % cauciuc natural. Agregatele naturale se aștern încolțite și preanrobate cu 0,25...0,75% bitum (SUA);

- bitum 80/100 în proporție de 80 %, prudetă de cauciuc 16 % obținută din pneuri uzate cu 50 % cauciuc natural, 50 % cauciuc sintetic și 4 % ulei. Liantul realizat are o vâscozitate ridicată care conduce la dozaje de așternere mari (cca. 3kg/m<sup>2</sup>). Agregatele naturale sort 10/14 sau 16/20 sunt spălate și încălzite puternic (Franța);

- bitum 80/100 modificat cu cca. 10% elastomeri în instalații industriale. Agregatele naturale sunt spălate și încălzite (Franța).

Tratamentele bituminoase groase, nu reușesc să rezolve decât pentru scurt timp problema împiedicării transmiterii fisurilor în straturile superioare. Faptul că se constată reapariția fisurilor pe aceleași direcții și au aceleași distanțe între ele și că raportul eficiență/preț este mediocru la care se adaugă faptul că tehnologia este greoaie, face ca astfel de soluții să fie puțin aplicate.

- *Tehnologii de suprafață bazate pe utilizarea geotextilelor.*

Tehnologiile care utilizează geotextile pentru împiedicarea transmiterii fisurilor din contracție spre suprafața de rulare au răspândirea cea mai mare. Doctorandul a fost preocupat și a studiat aceste tehnologii începând cu anul 1980, când a fost numit expert al Direcției Drumurilor din România, la ședințele tehnice pentru probleme de drumuri ale fostului CAER. Din păcate, lipsa de fonduri financiare în sector, nu a permis implementarea acestor tehnologii în tehnica rutieră românească, decât după anul 1990.

După părerea doctorandului, pentru ca astfel de tehnologii să fie eficiente (tehnic și economic) trebuie să se asigure următoarele condiții:

- legătura dintre armătură (geotextil) și straturile între care se intercalează trebuie să fie perfectă;

- liantul de impregnare a geotextilului trebuie să fie în cantitate suficientă pentru a satura geotextilul și a asigura lipirea stratului;
- complexul astfel format nu trebuie să aibă deformații mari la baza îmbrăcămintei, sub efectul traficului;
- geotextilele nu trebuie să fie foarte groase și mai ales foarte compresibile;
- geotextilele trebuie să fie perfect întinse, fără pliuri, pe întreaga suprafață;
- liantul bituminos trebuie să rămână deformabil la temperaturi reduse, fără a fi foarte fluid la temperaturi ridicate; nu se recomandă folosirea emulsiilor, deși este comodă pentru execuție, deoarece nu asigură o legătură corespunzătoare între straturi.

În continuare sunt prezentate câteva din tehnologiile de suprafață pe bază de geotextile utilizate pe plan mondial pentru împiedicarea transmiterii fisurilor spre suprafața de rulare:

◆ *Geotextil sub tratament bituminos simplu.*

Tehnologia a fost executată pentru prima dată în Franța în anul 1978 [129] și constă în următoarele operații:

- curățirea suportului urmată de stropirea unei emulsii bituminoase în cantitate de 400 g/m<sup>2</sup>.
- întinderea geotextilului cu masa de 140 g/m<sup>2</sup>;
- executarea unui tratament bituminos simplu realizat dintr-o peliculă de bitum-polimeri (sub formă de emulsie bituminoasă) în cantitate de 1,7 kg/m<sup>2</sup> și așternerea de agregate sort 10/14 sau 4/6 în cantitate de 120 kg/m<sup>2</sup>. După 7 ani de exploatare sunt sesizabile fisuri la distanța de 5 m una față de alta, în raport cu sectorul original care avea fisuri transversale la distanța de 2,0...2,5 m și o fisură longitudinală în axă.

◆ *Tratamente bituminoase duble peste un geotextil Polyfelt.*

Tehnologia se aplică în Franța și are la bază armarea unui tratament bituminos dublu, executat cu bitum 180/220, fluxat cu 3% ulei (numit MICTAR A), cu un geotextil neteșit armat cu fibre de polipropilană, numit Polyfelt [26].

Tehnologia presupune realizarea următoarelor etape:

- curățirea părții carosabile, urmată de stropirea liantului MICTAR A, în cantitate de 1 kg/m<sup>2</sup>, pentru amorsare și colmatarea fisurilor;
- întinderea (fără cute) a geotextilului Polyfelt pe întreaga suprafață a părții carosabile;
- realizarea tratamentului bituminos dublu astfel:
  - ★stropirea geotextilului cu 1,8 kg/m<sup>2</sup> MICTAR A;
  - ★așternerea agregatelor naturale sort 8...10, în cantitate de 9 l/m<sup>2</sup>;
  - ★compactarea;
  - ★stropirea suprafeței cu 1,3 kg/m<sup>2</sup> MICTAR A;
  - ★așternerea agregatelor naturale sort 4...6, în cantitate de 7 l/m<sup>2</sup>;
  - ★compactarea.

Din punct de vedere tehnologic nu apar probleme deosebite, iar comportarea în exploatare după trei ani de la execuție este bună,

◆ *Tratamente bituminoase anrobate în site armate cu geotextile (Trabintex).*

Tehnologia a fost elaborată în România [5], [38], [42], [66] și constă în armarea cu tratament bituminos cu agregate naturale anrobate în situ (Trabinsit) cu un geotextil NETESIN 300 de grosime 2...5 mm și masa de 300 g/m<sup>2</sup>.

Etapele de execuție ale tehnologiei sunt următoarele:

• repararea părții carosabile înainte cu 3 săptămâni de aplicare a tratamentului Trabintex;

• curățirea suprafeței și amorsarea ei cu 1,4...1,6 kg/m<sup>2</sup>, emulsie bituminoasă cu rupere rapidă cu un conținut de bitum de 6 %;

• întinderea geotextilului tip NETESIN 300 (după ruperea emulsiei);

• realizarea tratamentului Trabinsit, după tehnologia realizată și brevetată de doctorand prezentată în cap. II, subcapitolul 2.3.1. - "Tratamente bituminoase executate cu agregate naturale în situ (Trabinsit)";

• darea în circulație a trabintexului după 3...4 ore de la execuție.

Trabintexul a fost experimentat și brevetat în cadrul DRDP Timișoara, doctorandul având o contribuție personală prin elaborarea tehnologiei TRABINSIT (preluată de tehnologia TRABINTEX) și prin implementarea tehnologiei la întreținerea drumurilor de pe raza de activitate a DRDP Timișoara.

- *Tehnologii de întreținere pentru stoparea transmiterii fisurilor din contracție prin straturile bituminoase.*

Datorită faptului că de cele mai multe ori, tehnologiile de suprafață, pentru evitarea transmiterii fisurilor spre suprafața de rulare nu dau rezultatele scontate, specialiștii în domeniul rutier a recurs la conceperea și experimentarea unor complexe antifisuri interpusse între vechea îmbrăcămintă și noile straturi bituminoase [70], [109], [100], [82], [83].

Dispozitivele antifisuri de interpunere au la bază o membrană bituminoasă, armată cu geotextile, care îndeplinește următoarele roluri:

• "absoarbe" mișcările din dreptul fisurii, datorită contracțiilor hidraulice sau termice, sau cele datorate traficului, fără a le transmite stratului superior;

• împiedică, prin elasticitatea ei, producerea deformațiilor importante (elastice sau plastice) ale stratului superior;

• contribuie la creșterea capacității portante a complexului rutier.

Doctorandul a studiat și a aplicat în cadrul DRDP Timișoara tehnologii care se încadrează la această grupă de probleme și anume:

◆ *Structuri rutiere inverse.* Tehnologia, aplicată în cadrul DRDP Timișoara încă din anul 1970, este prima tehnologie rutieră de acest gen folosită în țara noastră și are ca scop preîntâmpinarea apariției fisurilor. Dispozitivul antifisură este realizat din macadam sau macadam bituminos, deci un strat rutier realizat din materiale granulare cu un volum ridicat de goluri, care rupe legătura dintre stratul inferior stabilizat cu lianți hidraulici sau puzzolanici și straturile bituminoase, evitându-se în

acest fel transmiterea fisurilor spre suprafață. Acest strat are o capacitate portantă mai mică decât cele două straturi între care este interpus, rolul lui fiind acela de a împiedica transmiterea fisurilor. Din această cauză aceste structuri se aplică de regulă pentru drumuri cu trafic ușor sau mediu.

Această tehnologie a fost aplicată de doctorand pe DN79A km 105+000...109+000 și după 10 ani de exploatare pe sector au apărut fisuri ne semnificative ca volum și deschidere.

◆ *Interpunerea unor mixturi asfaltice antifisuri.* Tehnologia este aplicată în Franța și constă în realizarea unui strat de 2 cm mortar asfaltic cu cca. 10 % bitum, care se interpune între stratul fisurat și îmbrăcămintea bituminoasă nouă de 4...6 cm. După 4 ani de la execuție, pe sectorul experimental realizat cu interpunerea unui astfel de strat rutier, au apărut 7% fisuri, față de 38% fisuri apărute pe sectorul martor. Pentru a evita apariția fâgașelor (de cele mai multe ori pe asemenea sectoare apar fâgașe datorită conținutului ridicat de bitum din mortar) se folosește pentru fabricarea mortarului bitum-polimeri.

În această situație tehnologia devine mai scumpă.

În SUA [129] mixtura asfaltică antifisuri se realizează cu bitum fluidizat (penetrația acestuia fiind de 200...300 l/10 mm), grosimea stratului fiind de 2,5...3,5 cm, peste care se așterne un covor asfaltic de 4...6 cm, executat cu bitum 80/100.

◆ *Tehnologii de interpunere folosind geotextile.* Primele experimentări de interpunere a unui geotextil sub un covor asfaltic s-au făcut în Japonia și SUA în 1970, în Belgia 1973 și Franța în 1977, cu scopul declarat de a împiedica transmiterea fisurilor din contracție (Franța) sau pentru întreținerea structurilor foarte fisurate prin oboseală (SUA).

◆ *Geotextile sub covoare asfaltice.*

Interpunerea între structura rutieră existentă fisurată și straturile bituminoase de ranforsare de cca. 6 cm, a unui geotextil impregnat cu bitum (0,7 kg/m<sup>3</sup>), a condus la următoarele concluzii:

- prezența complexului geotextil-bitum încetinește la maxim transmiterea fisurilor spre suprafața de rulare;
- geotextilul impregnat cu bitum menține etanșarea chiar dacă primul obiectiv nu a fost atins în totalitate și fisurile au apărut la suprafață.

Pentru ca rezultatele să fie favorabile, literatura de specialitate [129] face câteva precizări tehnologice și anume:

- geotextilul trebuie să fie cât mai subțire și mai puțin compresibil;
- liantul utilizat pentru impregnare trebuie să fie un bitum modificat cu susceptibilitate termică redusă.

Eficiența economică a tehnologiei este influențată de gradul de mecanizare a lucrării (întinderea mecanică a geotextilului) și de calitatea geotextilului (grosime, caracteristici mecanice) precum și de cantitatea de bitum folosită la impregnare.

◆ *Geotextil cu rol dublu.*

Acest tip de geotextil, experimentat pentru prima dată în Franța în 1989, este



format din trei straturi și anume: 1 strat de plasă de fibră de sticlă prinsă între două straturi din folie de poliester legate între ele. Acest geotextil posedă simultan proprietăți antifisuri pentru structurile rutiere mixte și calități structurale, ca urmare a armării sale. Foliile de poliester permit o bună impregnare cu liant (emulsie bituminoasă sau bitum modificat) evitând în același timp lipirea lui de pneurile autovehiculelor de șantier. Existența plasei favorizează întinderea produsului perfect pe suprafață, fără pliuri, calitate care se păstrează și după circulația vehiculelor de șantier.

După realizarea membranei bituminoase prin lipirea acesteia de suprafața suportului și impermeabilizarea cu cca. 1,5...2,0 kg/m<sup>2</sup> emulsie bituminoasă, se trece la executarea unui covor asfaltic (de regulă un covor asfaltic subțire).

◆ *Dispozitiv antifisuri realizat cu geotextil de tip Amopave.*

Geotextilul tip Amopave este realizat din fibre netede din polipropilenă tratate cu ultraviolete cu masa de 150 g/m<sup>2</sup>, rezistență la întindere de 400 N și alungirea la rupere 55 % [82]; [83].

Interpunerea unui dispozitiv antifisuri Amopave-bitum între stratul de agregate naturale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici și straturile bituminoase superioare sau între structura mixtă fisurată și straturile de ranforsare, constituie o soluție antifisuri eficientă. El permite de asemenea etanșarea suprafeței la nivelul la care este necesar, etanșare care nu dispăre nici după transmiterea completă a fisurilor prin noua îmbrăcăminte.

Tehnologia constă în realizarea următoarelor operații:

- pe suprafața curată a îmbrăcămintei existente se stropește liantul modificat (bitum amestecat cu polimeri sintetici: stireu-butadiu-stireu, și etilenă-vinil-acetat și cu ulei compatibil), în cantitate de 0,8...1,0 kg/m<sup>2</sup>, funcție de natura suprafeței. Liantul utilizat se caracterizează printr-o susceptibilitate termică redusă în raport cu bitumul pur;

- se întinde mecanizat geotextilul Amopave;

- se realizează un covor asfaltic cu bitum modificat (bitum-polimer) rezistent la formarea făgașelor și la oboseală, în grosime de 4 cm.

După patru ani de la execuție, pe sectorul experimental nu au apărut fisuri, lucru ce atestă calitatea bună a complexului antifisuri realizat cu acest geotextil.

◆ *Tehnologia Flexiplast.*

Tehnologia Flexiplast a fost concepută în Franța [86], [87] [88] și se speră să devină cea mai eficientă soluție pentru prevenirea transmiterii fisurilor prin straturile bituminoase ale structurilor rutiere mixte. De altfel, încercările de laborator efectuate cu aparatul de încovoiere-întindere atestă o superioritate evidentă a acesteia față de soluțiile clasice, (2 cm mortar asfaltic + 6 cm beton asfaltic, sau 6 cm beton asfaltic), după cum se observă în fig. IV.32.

În principiu, tehnologia Flexiplast se bazează pe interpunerea unei membrane bituminoase din bitum modificat cu elastomeri între suprafața fisurată și un covor asfaltic executat la rece.

Procedeeul urmărește să evite principalele deficiențe constatate în cazul celorlalte dispozitive antifisuri utilizate până în prezent și anume:

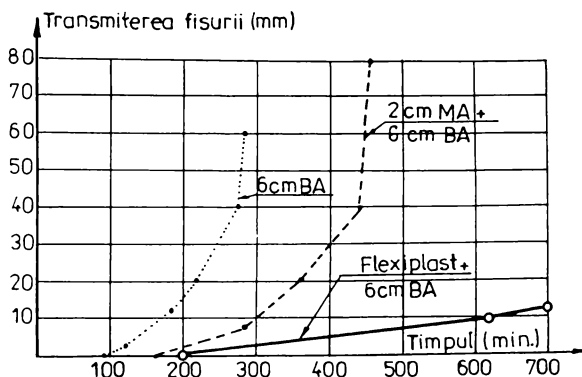


Fig. IV.32. Rezultatele încercărilor de laborator cu aparatul de încovoiere-întindere pentru Flexiplast.

- în cazul interpunerii unui strat din mortar asfaltic între suprafața fisurată și îmbrăcămintea bituminoasă, elasticitatea dispozitivului este conferită doar de liantul înglobat, în timp ce agregatele naturale sunt defavorabile acestei caracteristici. Pe de altă parte creșterea prea mult a dozajului de bitum este defavorabilă sub aspectul apariției făgașelor;

- în cazul membranelor bituminoase de interpunere realizate din bitum modificat sau bitum pur se obține la punerea în operă o grosime de 1,0...1,5 mm (1,0...1,5 kg/m<sup>2</sup>). În realitate această grosime a membranei nu se mai păstrează și după realizarea stratului superior și prin urmare și efectul său vizavi de împiedicarea transmiterii fisurilor este mult diminuat.

În acest context, pentru ca membrana antifisuri să fie cu adevărat eficientă se impune îndeplinirea a trei condiții:

- alegerea unei membrane realizată din bitum-elastomeri, cu o bună elasticitate la temperaturi reduse și cea mai accesibilă din punct de vedere al costului;
- punerea în operă a membranei într-o grosime suficientă (1...3 mm);
- evitarea reducerii grosimii prin așternerea stratului bituminos superior.

Flexiplastul asigură realizarea celor trei condiții prin faptul că:

- liantul utilizat este un bitum modificat cu elastomeri (de tipul stiren-butadien-stiren) cu o excelentă elasticitate;

- grosimea membranei este asigurată la 1,5...3,0 mm (1,5...3,0 kg/m<sup>2</sup>) funcție de: natura suportului, starea de fisurare, condițiile climaterice și rugozitatea suportului;

- realizarea stratului bituminos superior se face cu scopul urmărit de a menține grosimea membranei, astfel:

★membrana nu va fi acoperită cu agregate naturale deoarece circulația se va realiza direct pe aceasta, grație unui mic artificiu: udarea pneurilor vehiculelor pentru evitarea lipirii (operația nu dăunează calității stratului din mixtură asfaltică deoarece acesta se execută la rece);

★executarea efectivă a stratului superior nu va conduce la migrarea bitumului din membrană deoarece el se realizează dintr-o mixtură asfaltică la rece, care se împotrivesc acestei infiltrații. În același timp acest strat va constitui ulterior un ecran termic între membrană și stratul de uzură care se execută la cald, împotrivindu-se în continuare migrării bitumului.

Mixtura asfaltică executată la rece este de fapt un mortar asfaltic cu granulozitatea agregatului natural 0...4 mm sau 0...6 mm, care se așterne în grosimi medii de 6...8 mm, (circa 13 kg/m<sup>2</sup>).

Armarea sa se efectuează cu fibre sintetice în proporție de 0,1...0,2 %, de 4...8 mm lungime, omogenizate perfect în masa mixturii asfaltice. Liantul utilizat este o emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă și bitum modificat cu elastomeri (etilenă, acetat de vinil) care permite obținerea unui dozaj de bitum în mixtura asfaltică de 8...10 %.

Mortarul asfaltic (numit Gripfibre) este acoperit la cald cu un strat bituminos din beton asfaltic eu o grosime de 6 cm, prin procedeul clasic. Funcție de grosimea straturilor bituminoase necesare pentru întreținere și având în vedere că unele din funcțiile acestora sînt preluate de Flexiplast (etanșare și mărirea timpului de transmitere a fisurilor) se poate proceda la reducerea grosimii inițiale. De regulă se utilizează grosimi ale covorului asfaltic de 3...6 cm (funcție de trafic).

#### ◆ *Tehnologia Filaflex.*

Conceput de firma SCREG Routes (Franța) în anul 1989, Filaflexul constă în realizarea în situ a unei membrane antifisuri armate formată dintr-o peliculă de liant modificat cu elastomeri pe care sunt pulverizate, imediat după stropire, fibre sintetice continuate neșesute, care formează armătura. Această membrană este intercalată între structura rutieră fisurată și stratul de uzură bituminos de întreținere [22]. Tehnologia se pretează pentru împiedicarea transmiterii fisurilor prin noul strat bituminos în următoarele cazuri:

- tratarea fisurilor prin oboseală care pot apare în straturile bituminoase ale structurilor rutiere suplă. Acestea apar la baza straturilor bituminoase supuse sub trafic la eforturi unitare de întindere și se propagă apoi puțin câte puțin spre suprafață unde apar sub forma unei rețele neregulate (faiantări). Ele semnalează o degradare avansată a structurii rutiere provocată de subdimensionare sau de sfârșitul duratei de exploatare a acesteia;

- tratarea fisurilor din contracție care apar la structurile rutiere mixte sub forma unor discontinuități transversale regulate (de regulă la intervale de 5...8 m);

- tratarea îmbrăcămișilor din beton de ciment prin acoperirea cu straturi bituminoase.

Filaflexul se execută în situ cu un utilaj complex (fig. IV.33) care asigură printr-o singură trecere atât stropirea liantului cât și întinderea fibrelor sintetice, după următoarea tehnologie:

- se stropește liantul modificat, sub formă de emulsie bituminoasă, în cantitate de  $1,4...1,7 \text{ kg/m}^2$ , în mod uniform pe toată suprafața de tratat cu ajutorul rampei de stropire situată în spatele utilajului (lățimea rampei telescopice este de  $1,25...3,70 \text{ m}$ , funcție de lățimea benzii care urmează să fie tratată). Autonomia de liant a utilajului este de  $5,500 \text{ m}^3$ , iar viteza de înaintare de  $1,5...3,0 \text{ km/h}$ ;

- imediat după stropirea liantului, prin duzele speciale ale utilajului se injectează fibrele sintetice în mod continuu și uniform (distanța dintre rampa de stropire a liantului și rampa de injectare a fibrelor este de circa  $1 \text{ m}$ ). Fibrele sunt livrate în suluri care se încarcă și se fixează pe utilaj cu ajutorul macaralei proprii.

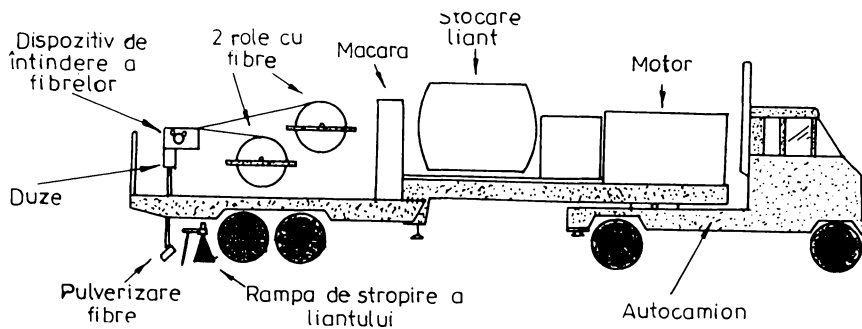


Fig. IV.33. Utilaj pentru executarea Filaflexului.

În lucru, utilajul are două astfel de suluri care conțin fiecare  $900$  fibre cu o masă totală de  $700 \text{ kg}$ . Viteza de rotație a sulurilor poate fi reglată în mod automat, funcție de viteza de înaintare a utilajului și de dozajul de fibre dorit de pus în operă. Fibrele sînt preluate de dispozitivul de întindere și injectate apoi pe suprafața părții carosabile cu ajutorul a două baterii cu aer comprimat, care au la rîndul lor  $9$  duze fiecare (la lățimea maximă de așternere). Dozajul de fibre este  $80...120 \text{ g/m}^2$ , în timp ce autonomia utilajului vizavi de fibre este de  $2.800 \text{ kg}$  (două suluri în lucru și două stocate pe utilaj);

- se împrăștie cu ajutorul unui răspînditor mecanic agregate naturale sort 6-10, în cantitate de  $5...6 \text{ l/m}^2$ , pentru a se permite circulația de șantier pe membrana executată;

- se realizează îmbrăcămintea bituminoasă la cald din beton asfaltic cu o grosime de  $6...8 \text{ cm}$ .

Pentru întreținerea unor structuri rutiere rigide, Filaflexul s-a aplicat sub îmbrăcăminți din mixturi asfaltice drenante de  $4 \text{ cm}$  grosime, realizate după următorul dozaj:

- ★ agregate naturale sort 6-10:  $87 \%$  ;

- ★agregate naturale sort 0-2: 12 % ;
- ★fibre sintetice: 1 % ;
- ★bitum 50/70 raportat la masa agregatului: 5,2 %.

Punerea în operă a lucrării s-a realizat cu trei răspânditoare finisoare pe 14,50 m lățime care au lucrat în paralel iar compactarea s-a efectuat cu patru compactoare tandem.

Se consideră că Filaflexul va deveni o tehnologie antifisuri economică, de mare productivitate, aplicabilă pentru prevenirea transmiterii în straturile bituminoase superioare a tuturor tipurilor de fisuri.

### 3.1.5.5. Concluzii și propuneri

Studiile documentare, precum și cercetările și experimentările proprii efectuate de doctorand și prezentate în cadrul acestui subcapitol permit formularea următoarelor concluzii și propuneri:

- indiferent de tehnologie sau liant, în condițiile clasice de execuție, straturile rutiere din agregate naturale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici capătă o rigiditate ridicată, iar sub efectul contracțiilor hidraulice și termice fisurează. Fisurile odată apărute în stratul inferior se transmit prin straturile bituminoase sub efectul traficului și al variațiilor de temperatură, până la nivelul suprafeței de rulare;

- fisurile apărute la nivelul suprafeței de rulare nu periclitează capacitatea portantă a structurii rutiere, dacă aceasta este dimensionată corespunzător, dar pot periclita starea de viabilitate a drumului dacă nu sunt etanșate, prin faptul că permit pătrunderea apei în complexul rutier cu efecte defavorabile;

- preocupările administrațiilor de drumuri care utilizează structuri rutiere mixte sunt de a implementa în tehnica rutieră soluții moderne, ieftine și rapide, care să încetinească sau să împiedice transmiterea fisurilor din straturile inferioare la nivelul stratului de rulare.

Autorul a grupat tehnologiile aplicate la noi și studiate în literatura de specialitate după locul lor în structura rutieră și după scopul urmărit, prezentând și preocupările proprii pentru găsirea unor soluții eficiente menite să preîntâmpine sau să stopeze apariția fisurilor. De asemenea autorul a prezentat preocupările pe care le-a avut în decursul anilor în cadrul DRDP Timișoara de a implementa aceste tehnologii și de a crea utilaje sau/și dispozitive performante pentru mecanizarea acestor lucrări. În acest context doctorandul consideră următoarele:

- crearea fisurilor ordonate în stratul proaspăt executat prin tăierea sau executarea unor discontinuități și colmatarea lor cu emulsie bituminoasă (după procedeul CRAFT) este una din tehnologiile care se poate realiza foarte ușor la noi în țară, în acest scop, doctorandul a proiectat (împreună cu specialiști de la Departamentul Drumuri din cadrul Facultății de Construcții) și a lansat în fabricație

un dispozitiv care să permită mecanizarea acestei lucrări, fără să fie necesar importul utilajului existent în Franța;

- tehnologia de fisurare neordonată a straturilor rutiere din agregate naturale tratate cu lianți hidraulici sau puzzolanici, realizată fie prin lovirea materialului întărit cu mase mari lăsate să cadă liber, fie prin dirijarea circulației de șantier peste aceste straturi, nu dă rezultatele scontate datorită diminuării substanțiale a capacității portante a structurii rutiere;

- tehnologiile de suprafață vizând împiedicarea transmiterii fisurilor (tratamente bituminoase, covoare asfaltice) sunt în general neeficiente scopului urmărit. Tehnologiile pe bază de agregate (acoperite cu tratament bituminos) pot fi o soluție fiabilă pentru acest scop, cu condiția ca geotextilul să fie perfect întins, impregnat și lipit de suprafață. O astfel de tehnologie (TRABINTEXT) a fost implementată de autor în cadrul DRDP Timișoara și a contribuit la realizarea ei prin faptul că a conceput și brevetat tratamentul bituminos (TRABINSIT) (vezi cap. II. subcap. 2.3.1.) care s-a aplicat peste geotextil;

- tehnologiile de interpunere a unor dispozitive antifisuri între straturile fisurate și noile straturi bituminoase sunt foarte diverse. Autorul a experimentat și generalizat cu rezultate bune în cadrul DRDP Timișoara straturile rutiere din macadam bitumat, din păcate soluție acceptabilă numai pentru drumurile cu trafic ușor și mediu. De regulă, dispozitivele antifisuri presupun pentru armare utilizarea unor lianți modificați (cu elastomeri) și a geotextilelor (fibrelor sintetice neșesute) sau a geogriurilor (vezi subcap. 3.1.2.).

După părerea doctorandului dispozitivul antifisuri trebuie să fie suficient de elastic pentru a prelua concentrările de eforturi din zona fisurilor, impermeabil, incompresibil și perfect lipit de suprafețele straturilor între care se plasează.

Autorul a studiat, implementat și a experimentat în cadrul DRDP Timișoara atât folosirea geotextilelor cât și a agregatelor naturale (bitumate sau stabilizate) pentru împiedicarea transmiterii fisurilor și mărirea capacității portante a straturilor rutiere.

Apariția sau reapariția fisurilor din contracție, după părerea autorului, sunt greu sau chiar imposibil de împiedicat, dar cred că cercetările și experimentările în domeniu vor recomanda materiale care prin utilizarea lor ca liant vor asigura construcția de straturi rutiere nefisurabile.

Doctorandul, în urma analizei sectorului de drum care face obiectul tezei de doctorat, și urmare studiilor, cercetărilor și experimentărilor făcute recomandă ca soluții pentru prevenirea sau/și împiedicarea fisurilor folosirea tehnologiilor de prefisurare, și a tehnologiilor cu interpunere de geotextile și geogriurile (pentru rostul dintre îmbrăcămintea existentă și lărgirea nou executată).

În vederea promovării acestor tehnologii doctorandul militează pentru introducerea lor în caietul de sarcini ce se elaborează pentru reabilitarea sectorului și alocarea de fonduri financiare pentru implementarea lor.

### 3.1.6. Straturi rutiere realizate din mixtură asfaltică fabricată cu bitum modificat

Folosirea bitumului modificat la fabricarea mixturilor asfaltice conduce la îmbunătățirea calității mixturii asfaltice și anume:

- crește rezistența la deformații permanente;
- îmbunătățește rezistența la oboseală la temperaturi joase;
- cresc proprietățile de adezivitate și coeziune;
- crește rezistența la îmbătrânire a bitumului din mixtura asfaltică fabricată cu bitum modificat.

În literatura franceză [69]; [127]; [128] sunt prezentate rezultatele obținute, în urma analizelor de laborator efectuate pe mixturi asfaltice fabricate cu bitum modificat cu polimer E.V.A. și cu polimer S.B.S. referitor la:

- *Rezistența la deformații permanente.* Încercările s-au efectuat pe pista de încercări de rezistență la fâgașe a laboratorului Schnell (L.T.T.) din Amsterdam cu un diametru exterior de 3,25 m. Mixtura asfaltică în grosime de 7 cm., a fost testată la o temperatură controlată care poate ajunge până la 60°C. Sarcina aplicată pe roată poate fi stabilită până la 20 kN, iar viteza de încercare a fost de 16 km/h. Formarea fâgașului este exprimat prin numărul de treceri ale roții, în condițiile de mai sus. În fig. IV.34. este redat numărul de treceri de roți pentru a obține un fâgaș de 10 mm la temperatura de 40 °C și 50 °C.

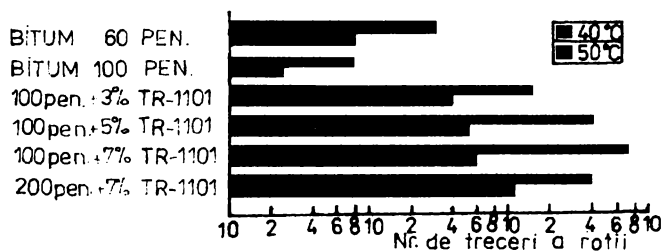


Fig. IV.34. Numărul de treceri ale roții pentru obținerea unui fâgaș de 10 mm pe pista laboratorului LTT.

Aceste rezultate arată că rezistența la fâgașe este îmbunătățită într-o măsură considerabilă chiar pentru o concentrație în S.B.S. de 3 %. La o concentrație mai mare, îmbunătățirea este mult mai evidentă.

Pentru o mai bună simulare a celor ce se petrec în practică, pe un drum supus traficului rutier, s-a utilizat o încercare de rezistență la fluaj dinamic cu aplicarea presiunii repetate a eforturilor [128]. În această încercare, un efort de 0,1 MN/m<sup>2</sup> este aplicată timp de 0,2 s., urmată de o perioadă de repaus de 1,8 s. Acest ciclu (efort/pauză) este aplicat de 1800 ori, timp de o oră. Încercarea la rezistența de fluaj a

fost realizată la 40 °C și 50 °C pe aceeași mixtură ca cea testată la încercarea de rezistență la fâgașe pe pista L.T.T.

În fig. IV.35. este reprezentat procentul de rezervă la elasticitate obținut după aplicarea ciclului efort/repaus.

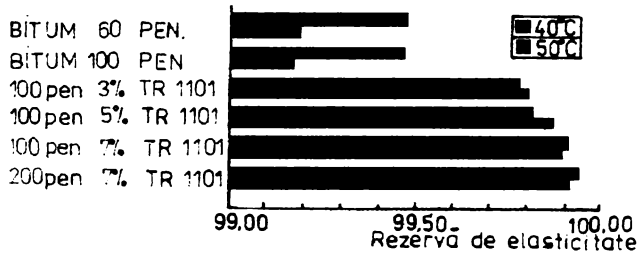


Fig. IV.35. Procentul de "rezervă de elasticitate" măsurat după aplicarea eforturilor finale în încărcarea de rezistență la fluaj dinamic.

Din analiza diagramei rezultă că partea corespondentă a deformației permanente poate fi de 8 ori mai importantă pentru bitumul nemodificat, față de bitumul modificat cu S.B.S. și este legată de o mai bună rezervă a elasticității.

- Rezistența la oboseală

Încercarea de rezistență la oboseală pe epruvete, a fost realizată la 0 °C, pentru a compara rezistența la fisurare prin oboseală a mixturii asfaltice fabricate folosind bitum modificat cu S.B.S., cu cea a mixturii asfaltice fabricate cu bitum nemodificat. Au fost încercate 8...10 epruvete, supuse la o gamă variabilă de deformații (prin aplicarea încercării în centrul epruvetei). S-a cuantificat, în funcție de numărul de cicluri de încercare, valoarea deformației la care s-a produs "pierderea rezistenței" (fig. IV.36).

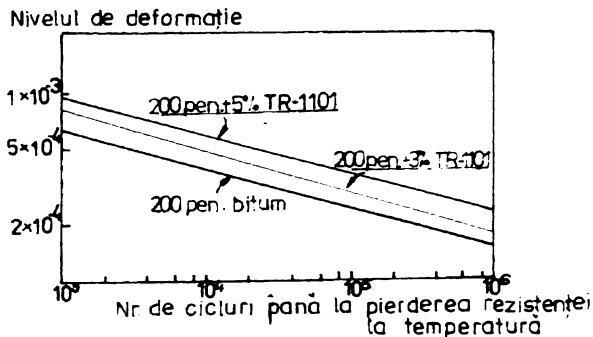


Fig. IV.36. Nivelul deformației în funcție de numărul de cicluri până la "pierderea rezistenței" la temperatura de 0°C.



Figura IV.36 arată că adaosul de polimer S.B.S. îmbunătățește în mod semnificativ rezistența la oboseală a mixturii asfaltice.

*- Adezivitatea bitum-agregate*

În vederea determinării adezivității peliculei de bitum la contactul cu suprafața agregatului s-a folosit metoda de încercare "sudură bucată cu bucată". Încercarea constă în măsurarea forței maxime necesare pentru a separa două bucăți de agregate lipite între ele cu o peliculă de 0,1 mm bitum.

Rezultatele obținute demonstrează că un adaos de S.B.S. de 3% (pentru modificarea bitumului), opune o rezistență pentru desprinderea celor două agregate similară cu cea obținută în cazul folosirii bitumului nemodificat. Pentru concentrații  $\geq 3\%$  S.B.S. în masa bitumului, forță necesară pentru desprinderea celor două agregate, este mult mai mare decât în cazul folosirii bitumului nemodificat, deci adezivitatea bitum-agregat a crescut foarte mult.

*- Rezistența la îmbătrânire*

Bitumul nemodificat folosit la prepararea mixturilor asfaltice pierde în procesul de oxidare cca. 20...40% din valoarea inițială a penetrației, iar punctul de înmuiere crește cu 3...5 °C, rezultând o îmbătrânire prematură a acestuia.

În cazul bitumului modificat, această îmbătrânire este mai redusă deoarece este compensată în mare parte printr-o ușoară degradare a polimerilor folosiți.

Analizele de laborator efectuate în Franța, pe eșantioane preluate din stratul de rulare a unei structuri rutiere executat din mixtură asfaltică fabricată cu bitum modificat cu S.B.S. în vârstă de 9 ani, au concluzionat că proprietățile bitumului extras au în general valori egale cu cele ale bitumului inițial, cu excepția penetrației la care s-a constatat o ușoară scădere față de cea inițială.

### **3.1.6.1. Fabricarea mixturilor asfaltice cu bitum modificat pentru realizarea stratului de uzură pe DN7 km 547+000...594+000**

Tehnica rutieră românească a început să utilizeze bitum modificat folosind diferiți polimeri (S.B.S., VESTOPLAST, INTERLENE - IN400 etc.), odată cu declanșarea procesului de reabilitarea a drumurilor, din dorința de a mări durata de exploatare a structurilor rutiere realizate.

Din păcate, lipsa fondurilor financiare, limitează folosirea bitumului modificat numai pentru realizarea stratului de uzură.

Doctorandul s-a implicat în această acțiune prin experimentarea și folosirea produsului INTERLENE - IN400 la fabricarea mixturii asfaltice necesară realizării stratului de uzură pe DN7 km 547+000 - 594+000, sector reabilitat de către EDICT Arad în perioada 1994...1997.

Produsul INTERLENE - IN400 este un material semifluid, de culoare închisă, produs de firma INTERCHIMICA - S.P.A. din Italia și are următoarele proprietăți fizico-chimice:

- substanță activă: 100 %;
- solubilitate: autodispersabilă;
- densitate la 15 °C: 1,01...1,02 kg/m<sup>3</sup>;
- rezistența la temperatură: peste 18 °C;
- PH: bazic.

Polimerul INTERLENE - IN400 se introduce în tancul de bitum când bitumul este cald, cu scopul de a îmbunătăți caracteristicile fizico-chimice a bitumului.

Experimentele efectuate în laboratorul constructorului (EDICT Arad) pe eșantioane de bitum modificat folosind trei dozaje de INTERLENE: 0,8; 1,0 și 1,2%, au condus la rezultatele prezentate în tabelul IV.26.

*Tabelul IV.26.*

**CARACTERISTICILE FIZICO-MECANICE ALE BITUMULUI D 80/120 URMARE  
FOLOSIRII PRODUSULUI INTERLENE - IN400**

Determinarea	U.M.	Bitum D 80/120 nemodificat	Bitum D 80/120 modificat cu INTERLENE - IN400, în % de:		
			0,8	1,0	1,2
Penetrația la 25°C	1/10mm	98	98	93	86
Punct de înmuiere	°C	48	48	47	46
Ductibilitatea la 25°C	cm	121	143	147	157
Ductibilitatea la 0°C	cm	6,3	6	6	5,8
Punct rupere Frass	°C	-22	-21	-21	-21
Adezivitatea	%	76	85	90	95

Din tabelul IV.26. se poate observa o îmbunătățire considerabilă a caracteristicilor fizico-mecanice a bitumului de Surplacul de Barcău D 80/120, modifocat cu 1,2% INTERLENE - IN400.

Procesul tehnologic de fabricare a mixturii asfaltice cu bitum modificat cu INTERLENE - IN400, este ce cunoscut cu mențiunea că produsul INTERLENE - IN400 se introduce în tancul de bitum în dozajul dorit (în cazul lucrărilor pe DN7 km 547+000 - 594+000, s-a folosit 1,2 % IN400), după care bitumul se omogenizează cu IN400 prin recirculare (chiar dacă produsul este autodispersabil).

Caracteristicile fizico-mecanice a mixturii asfaltice (B.A.16) fabricată cu bitum modificat cu INTERLENE - IN400, rezultate în urma analizelor de laborator efectuate pe cilindrii Marshall atestă faptul că mixtura fabricată cu 1,2 % adaos de IN400 are caracteristicile mai bune decât mixtura asfaltică fabricată cu bitum nemodificat (B.A.16).

Rezultatele comparative sunt redare în tabelul IV.27., iar încercările au fost efectuate pe epruvete fabricate cu conținut de INTERLENE - IN400 de 0,8; 1,0 și 1,2%.

Tabelul IV.27.

**CARACTERISTICILE FIZICO-MECANICE ALE MIXTURII ASFALTICE (B.A.16)  
FABRICATĂ CU BITUM NEMODOIFICAT ȘI BITUM MODIFICAT CU IN400**

Caracteristica	U.M.	B.A.16 fabricat cu bitum nemodificat	B.A.16 fabricat cu bitum modificat cu IN400, în % de:		
			0,8	1,0	1,2
Densitatea aparentă	kg/m <sup>3</sup>	2336	2338	2338	2338
Stabilitatea	kN	13,08	13	13,2	14
Fluaj	mm	3,75	3,75	3,75	3,75
Absorbție	%	0,27	0,28	0,28	0,26
V.I.M.	%	3,17	3,15	3,17	3,14
V.M.A	%	17,4	17,28	17,28	17,45
Reducerea rezistenței la compresiune prin imersie cu apă	%	16	11,3	10,68	10,58

Valorile adezivității au fost determinate cf. STAS 10969/3/83 după metoda cantitativă.

S-a constatat că la mixtura asfaltică fabricată cu bitum modificat cu IN400 valoarea adezivității este 90,9%, iar la mixtura asfaltică fabricată cu bitum nemodificat valoarea adezivității este de 55%.

Sectoarele executate cu mixtură asfaltică fabricată cu bitum modificat cu INTERLENE - IN400 sau executate recent; nu se poate face încă o apreciere completă a comportării lor în timp. Până în momentul de față aceste sectoare se comportă bine, doctorandul menținându-le în continuare sub observație.

### 3.2. Soluții tehnice pentru îmbunătățirea suprafeței de rulare

Una dintre funcțiile reabilitării unui drum, definită de autor în capitolul I subcapitolul 4, este asigurarea capacității de circulație a drumului respectiv, funcție care se realizează și prin asigurarea unei suprafețe de rulare corespunzătoare.

De regulă drumurile pe care se execută lucrări de reabilitare sunt drumuri cu un trafic greu și foarte greu, care servesc în special transporturilor intensive de mărfuri, efectuate cu autovehicule de mare capacitate.

Ținând seama de acest fapt și luând în considerare obligativitatea asigurării fluenței traficului și evitarea intervențiilor frecvente pentru întreținerea suprafeței de rulare, rezultă necesitatea de a executa structuri rutiere cu o suprafață de rulare care să ofere utilizatorilor confort și siguranță în exploatare. Acest lucru este posibil prin realizarea unor straturi rutiere de bună calitate, cu o mare durată în exploatare și care

necesită cheltuieli minime de întreținere. De aici derivă obligativitatea pe care o au specialiștii din domeniul rutier de a găsi soluțiile cele mai potrivite pentru a realiza îmbrăcămini bituminoase cu o suprafață de rulare uniformă și rugoasă.

Sectorul studiat (DN6 km 358+000...552+600), are în componența sa 66 km beton de ciment, din care 49 km are capacitatea portantă necesară asigurată pentru a putea prelua traficul greu și foarte greu actual și de perspectivă. Este necesar însă ca pe aceste sectoare să se asigure o suprafață de rulare corespunzătoare, atât din punct de vedere al uniformității cât și din punct de vedere al rugozității.

Pentru realizarea acestui obiectiv doctorandul a studiat , experimentat și implementat în cadrul D.R.D.P. Timișoara două tehnologii și anume:

- tratamente bituminoase antizgomot (fonoabsorbante);
- covoare asfaltice subțiri din mixtură asfaltică la rece cu emulsie bituminoasă cationică de tipul RALUMAC.

Prima tehnologie a fost concepută și aplicată de doctorand, pentru prima dată în cadrul D.R.D.P. Timișoara în anul 1986 pe DN7 Arad - Nădlac, iar a doua tehnologie a fost introdusă în România de firma S.C. ALBIX GENERAL CONSTRUCȚII în colaborare cu firma RASCHING AG din Germania, tehnologie la implementarea căreia a participat și doctorandul.

### **3.2.1. Tratamente bituminoase antizgomot (fonoabsorbante)**

Pentru asigurarea unei uniformități cât mai bune și pentru reducerea nivelului de zgomot produs de contactul pneurilor autovehiculelor cu îmbrăcămintea din beton de ciment , autorul și-a adus contribuția la studiul și experimentarea a tratamentelor bituminoase antizgomot executate la rece.

Tehnologia de execuție constă în realizarea unui tratament bituminos în care materialele folosite sunt:

- emulsie bituminoasă cu rupere rapidă (EBCR 60): 1,2...1,5 kg/m<sup>2</sup>;
- pietriș spălat 3-7 m: 12...15 kg/m<sup>2</sup>.

Etapile de execuție ale tehnologiei în cazul aplicării acesteia pe îmbrăcămini bituminoase sau îmbrăcămini din beton de ciment, care au o capacitate portantă la nivelul traficului actual și de perspectivă, sunt următoarele:

- repararea defecțiunilor din îmbrăcămintea existentă, prin tehnologii adecvate și anume:

- pentru îmbrăcămini bituminoase: repararea gropilor, colmatarea fisurilor (dacă sunt)
- pentru îmbrăcămini din beton de ciment : colmatarea fisurilor, crăpăturilor și rosturilor, înlocuirea dalelor tasate.

După repararea defecțiunilor îmbrăcămintea se lasă sub circulație încă 3...4 săptămâni, interval în care se aprovizionează agregatele naturale necesare și se

semnalizează sectorul de lucru în mod corespunzător executării lucrărilor de tratamente:

- curățirea suprafeței pe care se execută tratamentul folosind peria mecanică;
- executarea locală a tratamentului de egalizare, care are drept scop preluarea denivelărilor de până la 20 mm. Acest tratament s-a executat prin 1...3 stropiri succesive folosind emulsie 1,0...1,2 kg/m<sup>2</sup> și pietriș spălat sort 0-3 sau 3-7 în cantitate de 7...9 kg/m<sup>2</sup>. Tratamentul de egalizare astfel executat, se lasă sub circulație 24 ore după care se înlătură materialul alergător și se curăță din nou partea carosabilă (dacă este necesar), folosind peria mecanică.
- răspândirea emulsiei bituminoase (E.B.C.R. 60) în cantitate de 1,2 ...1,5 kg /m<sup>2</sup>, folosind autostropitorul de emulsie.
- așternerea pietrișului spălat sort 3-7 mm, (după ruperea emulsiei) în cantitate de 12...15 kg/m<sup>2</sup>, folosind răspânditorul autopropulsat pentru cribluri.
- cilindrarea agregatelor naturale, folosind compactorul cu rulouri netede, efectuând 3...5 treceri ale compactorului.
- tratamentul bituminos antizgomot s-a dat în circulație după 3...4 ore de la execuție.

#### *Efectele tehnice și economice ale tratamentului bituminos antizgomot:*

Având în vedere faptul că sectoarele executate s-au comportat bine după 3 ani de la execuție (nu au apărut defecțiuni de nici o natură în partea carosabilă), iar nivelul zgomotului a scăzut simțitor pe aceste sectoare, se pot concretiza următoarele concluzii:

- tratamentul bituminos antizgomot asigură o etanșeitate și uniformitate bună a suprafeței de rulare, reducând considerabil nivelul zgomotului
- este o îmbrăcăminte durabilă, durata ei de viață este cuprinsă între 3...4 ani la îmbrăcămintele bituminoase și între 3...5 ani la îmbrăcămintele din beton de ciment (pe DN 59 km 7+000...8+100 s-au executat astfel de tratamente în anul 1992 și în prezent se comportă bine în exploatare)
- este o tehnologie economică, având în vedere cantitățile reduse de liant și agregate folosite în comparație cu tratamentele clasice.
- este o tehnologie simplă, ușor de executat.

### **3.2.2. Covoare asfaltice subțiri din mixtură asfaltică la rece cu emulsie bituminoasă cationică (RALUMAC)**

Tehnologia este practică în Europa și constă în realizarea a unu sau două straturi bituminoase, cu grosimea de 5...15 mm, dintr-o mixtură asfaltică în compoziția căreia intră agregatele naturale umezite cu apă sau cu o soluție de aditivi și emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă fabricată cu bitum modificat cu polimeri (EPMCL 65), a cărei compoziție este următoarea:

- bitum: 65 %;
- latex: 3 %;
- emulgator tip 1,2,3: 1,8 %;
- acid clorhidric: 1,5 %;
- apă: rest până la 100 %.

Emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă (EBMCL 65) a fost importată în perioada anilor 1995...1996 din Germania de la firma Rasching AG iar începând cu anul 1997 este fabricată în țară de către firma S.C. ALBIX GENERAL CONSTRUCȚII Timișoara.

Emulsia bituminoasă cationică cu bitum modificat are calități superioare față de emulsia bituminoasă obișnuită, datorită polimerului care are ca efect:

- creșterea adezivității față de agregatele naturale în prezența apei și la temperaturi scăzute;
- creșterea proprietăților elastice ale liantului;
- creșterea rezistenței la șoc în special la temperaturi scăzute;
- reducerea tendinței de îmbătrânire a bitumului;
- reducerea consumului specific cu 20 %.

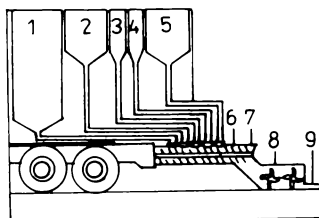
Materialele folosite pentru realizarea șlamului bituminos de tip RALUMAC și cantitățile necesare exprimate în % sunt redate în tabelul IV.28.

*Tabelul IV.28.*

#### COMPOZIȚIA MIXTURII TIP RALUMAC

Materiale în %	Mixtură la rece pentru strat de...	
	egalizare	uzură
Criblură 8...11	5,0...10,0	-
Criblură 3...8	40,0...50,0	40,0...50,0
Nisip de concasaj	40,0...50,0	40,0...50,0
Filer de calcar	1,0...3,0	1,0...3,0
Ciment P 40	1,0...3,0	1,0...3,0
Emulsie EBMCL 65	12,0	13,0
Bitum rezidual în mixtură [%]	6,5...7,0	7,0...7,5

Procesul tehnologic: Șlamul bituminos de tip RALUMAC se realizează cu mașini și dispozitive speciale, denumite combina Ralumac proprietate a firmei Rasching AG, care este prezentată schematic în figura IV. 37.



*Fig. IV.37.*

Combina Ralumac lucrează în flux continuu, prepară și așterne mixtura asfaltică la o viteză de 3,0 km/h. Combina tractează un malaxor prevăzut cu două șnecuri elicoidale, care se deplasează pe două șine de 7 m lungime (pentru preluarea denivelărilor).

Fazele procesului tehnologic sunt următoarele:

- se curăță partea carosabilă foarte bine, prin spălarea ei cu un jet de apă sub presiune (170 atm)

- se elimină denivelările din partea carosabilă prin realizarea unui strat de egalizare din șlam bituminos tip Ralumac pentru denivelări  $\leq 20$  mm sau prin realizarea unui strat bituminos de mixtură asfaltică fabricată la cald, pentru denivelări  $> 20$  mm.

- se alimentează combina Ralumac cu materialele componente necesare fabricării șlamului bituminos și se deplasează la punctul de lucru

- se acționează sistemul de dozare a materialelor componente (agregate naturale, emulsie, filer și ciment) care se introduc în malaxor printr-un jgheab unde are loc amestecarea lor.

- în funcție de gradul de amorsare și de timpul de rupere a emulsiei se dozează aditivii.

- se poziționează în plan vertical, grinda nivelatoare pentru a realiza așternerea stratului de șlam bituminos la grosimea necesară și se pornește combina Ralumac.

- sectorul se dă în circulație după 20 minute.

Cel de al doilea strat de șlam bituminos, se execută la 3...7 zile de la darea în circulație a primului strat (în funcție de temperatura mediului ambiant), după evaporarea completă a apei. Tehnologia de execuție este identică cu cea folosită la realizarea primului strat, darea în circulație se face după 30 minute de la execuție.

Până în prezent în cadrul D.R.D.P. Timișoara s-au executat 58,08 km de șlam bituminos. Sectoarele sunt ținute permanent sub observație de către constructor și beneficiar, iar încercările de laborator efectuate atestă faptul că șlamul bituminos este o soluție fiabilă pentru realizarea uniformității suprafețelor îmbrăcăminților din beton de ciment.

### **3.3. Soluții tehnice pentru reabilitarea podurilor**

Reabilitarea podurilor existente pe DN6, km 358+000...552+600, constă în rezolvarea problemelor legate de capacitatea portantă necesară pentru traficul actual și de perspectivă precum și menținerea sau/și îmbunătățirea esteticului acestor lucrări de artă.

Doctorandul a evaluat lucrările necesare pentru îmbunătățirea esteticului și parte din lucrările necesare mării capacității portante și anume: aducerea podurilor din clasa de încercare I la clasa de încercare E, refacerea rosturilor, refacerea hidroizolațiilor, reparații la infrastructura podului. Celelalte lucrări necesare mării capacității portante, legate de suprastructura podurilor, trebuie rezolvate aplicând soluții tehnice rezultate din expertizele care sunt necesare să se execute la fiecare pod în parte.

Soluțiile gândite și propuse de doctorand, sunt elegante și fiabile și nu mai pun probleme majore de întreținere. De asemenea, ele țin seama și utilizează integral elementele de rezistență existente.

### 3.3.1. Soluții pentru reparații la infrastructura podului

În general defecțiunile infrastructurilor la podurile de pe DN 6, km 358+000...552-600 se rezumă la:

- dislocări și afuieri a sferțurilor de con, a zidurilor întoarse și a scărilor de acces;

- distrugerea banchetei cuzineților;

- afuierea infrastructurilor;

- degradări la elementele infrastructurilor de genul: fisuri și/sau crăpături la culee și pile, degradări sau dislocări ale betonului de pe suprafața elementelor, observându-se armăturile.

Primele două categorii de defecțiuni (dislocări și afuieri la sferțurile de con, distrugerea zidurilor întoarse și a scărilor de acces) inventariate la un număr de 64 poduri și viaducte precum și distrugerea banchetei cuzineților, inventariată la 3 poduri, constituie defecțiuni minore și pot fi rezolvate prin refacerea lor, folosind aceleași materiale din care au fost construite inițial.

*Afuierea infrastructurilor este defecțiunea care dacă nu este tratată în perioada de început, poate conduce la instabilitatea podului. Această defecțiune a fost inventariată de doctorand la un număr de 16 bucăți poduri, probleme mai deosebite fiind la podul de la Chizătău (km 514-614).*

*Degradări la elevațiile infrastructurilor. În general, infrastructurile suferă degradări a suprafeței betonului în elevații, ajungându-se până la dezvelirea armăturilor.*

Doctorandul a experimentat și realizat în anul 1989 o soluție de remediere a acestor defecțiuni la infrastructura podului Isroni, de pe DN66A km 1+240 care a constat în executarea unei cămășuri din beton armat în grosime de 10 cm pe întreaga suprafață a infrastructurii afectate.



Cămășuilele au fost realizate din beton de clasă Bc25, iar armarea s-a realizat cu armături  $\phi 6$  din OB37. Fixarea armăturilor de elevații s-a făcut cu dornuri  $\phi 12$ , la distanța de 80 cm, încastrate în găuri cu mortar de ciment.

### 3.3.2. Refacerea rosturilor

La mai mult de 70 % din podurile mici și medii existente pe DN6, doctorandul a inventariat defecțiuni la rosturile de dilatație, datorită, în general, unei execuții calitativ necorespunzătoare și datorită corodării armăturii din zonele terminale ale elementelor de structură, corodare produsă de infiltrațiile de apă de pe partea carosabilă.

Aceste defecțiuni pot fi remediate numai prin înlocuirea rosturilor defecte cu alte rosturi mai performante.

Un rost este considerat mai performant când îndeplinește următoarele condiții:

- să aibă o durată de exploatare mare;
- să aibă o alcătuire simplă și să poată fi montat relativ ușor;
- să poată fi întreținut ușor;
- să fie acceptabil din punct de vedere al costului.

Tipul rostului folosit este dat în primul rând de deschiderea podului, dar și de deformațiile lui.

În general, pentru gama de deschideri mici și medii, doctorandul supune atenției o soluție de dispozitiv pentru acoperirea rosturilor de dilatație, alcătuită în secțiune transversală din trei elemente: două dintre elemente se fixează pe structura de rezistență (dală, placă, grinzi, fâșii cu goluri, zid de gardă la culee etc.) fig. IV.38. și urmăresc în exploatare deplasările elementelor menționate.

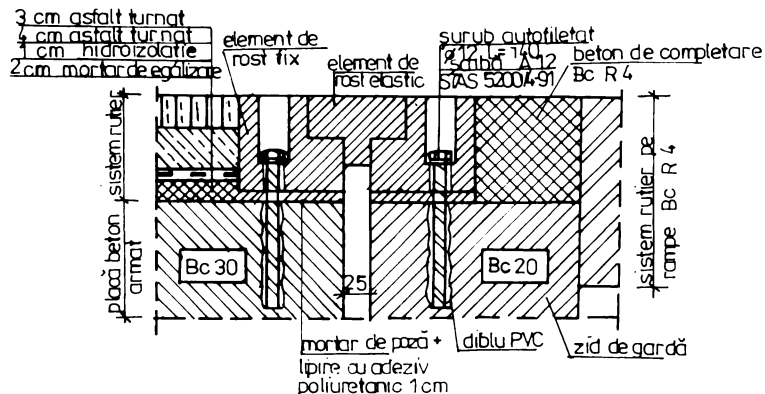


Fig. IV.38. Secțiune transversală prin rost.

Între aceste elemente, care au rigiditate mai mare, se pozează un element elastic, capabil să preia din deformarea sa toate deplasările relative ale elementelor structurii (deplasări liniare și unghiulare).

Fixarea elementelor pe structura de rezistență se face cu ajutorul unor șuruburi autofiletante în dibluri din material plastic. Elementele fixe sunt prevăzute cu elemente alungite, care să permită deplasarea acestora în lungul rostului pentru a se putea astfel realiza compresiunea suficientă pentru etanșare, în zona de contact dintre cele două elemente fixe ale rostului. Suprafața de contact dintre elementele fixe și suprafața de beton, se realizează cu un adeziv de tip poliuretanic care asigură o etanșare perfectă.

Acest tip de rost a fost proiectat de firma S.C. "APECC" S.A. Timișoara, și a fost realizat la podul de la Grădinari de pe DN 57, în anul 1995, sub coordonarea doctorandului.

Doctorandul recomandă acest tip de rost datorită fiabilității lui și datorită costului relativ scăzut.

Pentru deschideri mari, există în tehnica de construcție a podurilor o gamă largă de tipuri de rosturi care pot fi utilizate în urma analizei de către proiectant a eficienței lor, atât din punct de vedere tehnic cât și economic.

Doctorandul a studiat în decursul anilor tipurile de rosturi Freyssinet, produse de firma cu același nume din Franța și Waboflex SR, produs în Anglia, lansate și comercializate în România de firma S.C. "Mama Center" S.A. din Cluj Napoca.

Ambele tipuri de rosturi pot fi folosite pentru deplasări cuprinse între 50...330 mm.

Din studiile și observațiile făcute de doctorand asupra acestor două tipuri de rosturi, aplicate în cadrul D.R.D.P. Timișoara, autorul propune folosirea rostului tip Freyssinet pentru deplasări mijlocii și mari, cuprinse între 70...330 mm. Doctorandul susține acest lucru datorită faptului că urmarea a observațiilor și cercetărilor făcute de autor la viaductul Cerna, km 364+543, de pe DN6, care a fost reabilitat de firma Freyssinet și prezentat în capitolul II.3.1.3., acest tip de rost se comportă foarte bine și prezintă câteva avantaje în plus față de rostul tip Waboflex SR și anume:

- prezintă o marjă de deplasare în plan vertical de + 5 mm a elementelor de rezistență a podului;
- este foarte suplu, etanș și foarte rezistent;
- asigură un confort sporit în circulație, evitând la maximum posibil producerea zgomotului la contactul dintre pneu și rost, deci este un rost ecologic;
- are o siguranță sporită în circulație datorită faptului că partea superioară prezintă o suprafață antiderapantă;
- se montează și se întreține ușor.

Problema rosturilor este, după părerea doctorandului, o problemă importantă în menținerea unei viabilități corespunzătoare a podurilor.

De modul în care sunt rezolvate rosturile, depinde în mare măsură siguranța în exploatare a podului, rostul fiind zona unde apa de pe suprafața de rulare se poate infiltra, producând corodarea elementelor din suprastructura podului.

### 3.3.3. Refacerea hidrizolațiilor

Etanșarea necorespunzătoare a structurii căii podului conduce la numeroase degradări a elementelor de rezistență, infiltrațiile de apă fiind una din cauzele principale care produc degradarea betonului și corodarea armăturilor acestor elemente.

De modul în care se realizează hidroizolația unui pod (etanșarea lui) depinde, în mare măsură durata de exploatare a podului.

Doctorandul, în decursul anilor, în calitatea sa de inginer în cadrul unei unități de întreținere drumuri și poduri, a fost și este preocupat de rezolvarea acestei probleme.

Pe sectorul analizat și studiat de doctorand la 82 % din poduri s-au inventariat defecțiuni la hidroizolație, atât pe întreaga suprafață a părții carosabile, dar mai ales în zona rosturilor și în zona de contact dintre cale și trotuar.

Doctorandul a analizat în decursul anilor, diferitele soluții de hidroizolație, propuse de firme din țară și străinătate, pentru remedierea acestei defecțiuni.

Astfel firma MATIZOL Ploiești, a propus și a livrat pe piață în anul 1995 trei produse: PRIMER (strat de lipire), IZOFLEX (strat de hidroizolație) și IZOBRIDGE (strat de protecție) pentru hidroizolații la poduri, produse ce au fost experimentate la D.R.D.P. Buzău pe DJ 220 km 41+050, cu rezultate încurajatoare.

În cadrul D.R.D.P. Timișoara, sub coordonarea doctorandului, s-au folosit pentru refacerea la viaductul Cerna (DN6 km 364+543) și podul de la Chizătău (DN6 km 514+614) produsele SERVI-DEK și SERVI-PAK, fabricate în Anglia și propuse pieței românești de firma S.C. "Mama Center" S.A. din Cluj Napoca.

Aceste materiale formează un sistem flexibil de hidroizolație și protecție pentru suprastructura podului, agrementat de Comisia de Agrementare Britanică.

Elementul SERVI-DEK, format din două componente, se amestecă direct la fața locului pentru a produce un lichid vâscos cauciuc/bitum care se întărește chimic și formează o hidroizolație elastometrică. Materialul SERVI-DEK amestecat, se întinde pe suprafața de beton proaspăt curățată, cu un dispozitiv în formă de T cu cap de cauciuc, la un consum de 1,5...1,8 t/m<sup>2</sup>. El constituie adezivul pentru plăcile prefabricate SERVI-PAK.

Plăcile SERVI-PAK conțin agregate sortate ancrasate cu bitum, laminate între două hârtii asfaltice dure, pentru a forma o placă de protecție puternică, capabilă să suporte utilajele pentru execuția drumului și mixtura asfaltică fierbinte. Placa constituie și o armătură pentru mixtura asfaltică, mărindu-i astfel rezistența la forțele de frânare.

Plăcile se așează pe suprafața tratată cu adeziv, una lângă alta, până când acesta nu s-a întărit, asigurându-se o îmbinare perfectă. Îmbinările dintre plăci se acoperă cu un grund PRIMER-B, aplicat în benzi de 10 mm.

Îmbrăcămintea pe pod se realizează la minim 4 ore după aplicarea hidroizolației.

În ultima perioadă, au apărut și alte materiale pentru hidroizolații, pe care le-am experimentat pentru realizarea hidroizolației la podul de pe DN 59 km 4+364. Este vorba despre folia KEBLUFLEX BR1 care este formată din trei straturi repartizate astfel:

- stratul inferior de polimer-bitum în grosime de cca. 3,5 mm;
- stratul de rezistență de poliester de cca. 1,3 mm, conferă foliei rezistență sporită la tracțiune în ambele direcții;
- stratul superior de acoperire de cca. 0,1...0,2 mm.

Acest material este livrat sub formă de benzi de 5 mm grosime, având o elasticitate și o flexibilitate crescută (rezistă la o îndoire cu raza de 35 mm la -5 °C fără a crăpa), precum și o rezistență sporită la acțiunea sărurilor și a altor substanțe agresive.

Punerea în operă este foarte simplă. Pe suprafața bine curățată și uscată, cu o rugozitate care nu trebuie să depășească 1,5 mm, se realizează bariera de vapori în două straturi (grunduirea și sigilarea) cu o rășină epoxilică, peste care se răspândește imediat după aplicare, nisip de cuarț uscat, de granulație 0,3 mm.

După întărirea rășinii, la o temperatură mai mare de +5 °C, se aplică folia KEBUFLEX BR1. Lipirea ei se face prin topirea stratului inferior al acesteia, cu ajutorul unui arzător cu flacără.

După părerea doctorandului acest tip de hidroizolație se poate folosi pentru lucrările de pe DN6, având în vedere că este un material mai performant decât cele utilizate până în prezent și datorită faptului că prin folosirea sa se realizează importante economii: de timp (îmbrăcămintea bituminoasă se poate așterne imediat după realizarea hidroizolației) și de cost (valoarea manoperei este mică dat fiind faptul că se realizează numai două operații pentru punerea lui în operă).

### **3.4. Soluții tehnice propuse pentru rezolvarea sectoarelor periculoase și mărirea siguranței în circulație**

Problema majoră în cadrul proiectării elementelor geometrice ale drumurilor este reprezentată de incompatibilitatea dintre cerințele geometrice ale drumului și cerințele opționale în procesul de derulare a traficului rutier.

Literatura de specialitate, [17]; [20]; [79]; [110]; [111], studiată, arată că viteza de proiectare conduce la realizarea unor consecințe critice în cadrul traseului în profil longitudinal.

Exemplul cel mai elocvent și care este întâlnit frecvent pe traseul studiat este alternanța aliniamentelor lungi cu curbe, zone unde conducătorii auto, care circulă cu o viteză mai mare decât viteza de proiectare, efectuează schimbări de viteză, care de cele mai multe ori conduc la executarea unor manevre periculoase (în special pe carosabil umed sau alunecos. Un alt aspect negativ în proiectarea elementelor

geometrice ale drumului îl constituie, îmbunătățirile aduse drumului în profil transversal, fără a modifica traseul în profil longitudinal. Este cazul supraînălțării curbilor și a lărgirii părții carosabile în profil transversal (situații frecvente pe DN 6), fără să fie corectat traseul în plan longitudinal. Aceste sectoare pot transmite mesaje diferite conducătorilor auto, care de multe ori sunt surprinși de aspectul vizual al secțiunii transversale, determinându-i să producă manevre bruște în conducerea autovehiculului, manevre care pot conduce la dereglări în desfășurarea circulației sau producerea de accidente rutiere.

Se impune, deci, realizarea unei armonizări între viteza de proiectare și viteza de operare, lucru pe care doctorandul dorește să-l prezinte ca noutate în proiectarea elementelor geometrice ale drumurilor noi sau a drumurilor supuse procesului de reabilitare, în vederea reducerii numărului și gravității accidentelor de circulație.

În literatura de specialitate [79]; [110] există trei criterii de siguranță care ar trebui aplicate în proiectarea drumurilor noi sau reabilitate și anume:

- viteza de operare uniformă (criteriul I);
- consistența în proiectare (criteriul II);
- consistența în dinamica manevrării autovehiculelor (criteriul III).

La sfârșitul anului 1980 au fost dezvoltate de către prof. dr. ing. Ruediger Lamm două criterii de siguranță [79], pentru proiectarea elementelor geometrice ale drumurilor din SUA, criterii care pot fi preluate și de țara noastră. Aceste criterii de siguranță se bazează pe:

- comportamentul conducătorilor auto în manevrarea autovehiculelor, exprimată în diferența absolută a  $V_{85}$  între două elemente succesive de proiectare, diferență care trebuie să se încadreze între anumite limite stricte.

*$V_{85}$  este definită ca fiind viteza pe care 85 % dintre conducătorii auto nu o depășesc, în condiții de flux liber și suprafața de rulare curată și uscată;*

- dacă se consideră un element de proiectare individual, diferența dintre  $V_{85}$  și viteza de proiectare, trebuie să fie de asemenea cuprinsă între anumite limite stricte.

Ținând seama de aceste principii, s-au stabilit intervalele limită ale criteriilor de siguranță I și II, pentru nivelurile de proiectare BUN, SATISFĂCĂTOR și NESATISFĂCĂTOR, prezentate în tabelul IV.29.

Tabelul IV.29.

**INTERVALE LIMITĂ A CRITERIILOR DE SIGURANȚĂ I ȘI II.**

Criterii de siguranță	Cazul 1. Nivel de proiectare BUN	Cazul 2. Nivel de proiectare SATISFĂCĂTOR	Cazul 3. Nivel de proiectare NESATISFĂCĂTOR
Consistența în viteza de operare (CS I)	$ k_{E_i} - k_{E_{i+1}}  < 180 \text{ gon/km}$ $ V_{85} - V_{85 \cdot i}  < 10 \text{ km/h}$	$180 <  k_{E_i} - k_{E_{i+1}}  < 360 \text{ gon/km}$ $10 <  V_{85} - V_{85 \cdot i}  < 20 \text{ km/h}$	$ k_{E_i} - k_{E_{i+1}}  > 360 \text{ gon/km}$ $ V_{85} - V_{85 \cdot i}  > 20 \text{ km/h}$
Consistența în viteza de proiectare (CS II)	$ V_{85} - V_d  < 10 \text{ km/h}$	$10 <  V_{85} - V_d  < 20 \text{ km/h}$	$ V_{85} - V_d  > 20 \text{ km/h}$

Parametrul de proiectare  $k_E$  denumit rata de schimbare a curburii pentru curba circulară simplă cu curbe de tranziție (gon/km) se stabilește cu relația:

$$k_E = \frac{\frac{L_{CR}}{R} + \frac{L_{CL1}}{R} + \frac{L_{CL2}}{R}}{L} \times 63700 \quad [\text{gon/km}] \quad (\text{IV.65})$$

unde:

$k_E$  este rata de schimbare a curburii în gon/km;

$L = L_{CR} + L_{CL1} + L_{CL2}$  - lungimea curbei în km;

$L_{CR}$  - lungimea curbei circulare în m;

$R$  - raza curbei circulare în m;

$L_{CR1}, L_{CR2}$  = lungimea clotoidelor de început și sfârșit, în m;

$V_{85}$  - viteza procentului de 85% a vitezelor pentru elementul "i" în km/h;

$V_d$  - viteza de proiectare în km/h.

Acest parametru de proiectare reprezintă parametrul optim care exprimă legătură între  $V_{85}$  (viteza de operare) și RA (rata accidentelor); el descrie proiectarea unei curbe ținând seama de lungimea acesteia și include influența curbelor de tranziție situate înainte și după curba circulară.

Viteza de operare  $V_{85}$  se stabilește cu ajutorul formulei (IV.68) pentru limita de viteză de 100 km/h și cu formula (IV.69) pentru limita de viteză de 90 km/h.

$$V_{85} = \frac{1}{8,27 \times 10^{-3} + 8,01 \times 10^{-6} \times k_f} \quad [\text{km/h}] \quad (\text{IV.66})$$

$$V_{85} = \frac{102}{\left( \frac{346}{1 + \frac{(63700)^{1.5}}{k_f}} \right)} \quad [\text{km/h}] \quad (\text{IV.67})$$

unde:

$V_{85}$  este viteza de operare (km/h);

$k_f$  - caracteristica de proiectare (gon/km).

Viteza de operare funcție de caracteristicile de proiectare  $k_f$  pentru drumurile interurbane cu două benzi de circulație este redată în fig. IV.39.

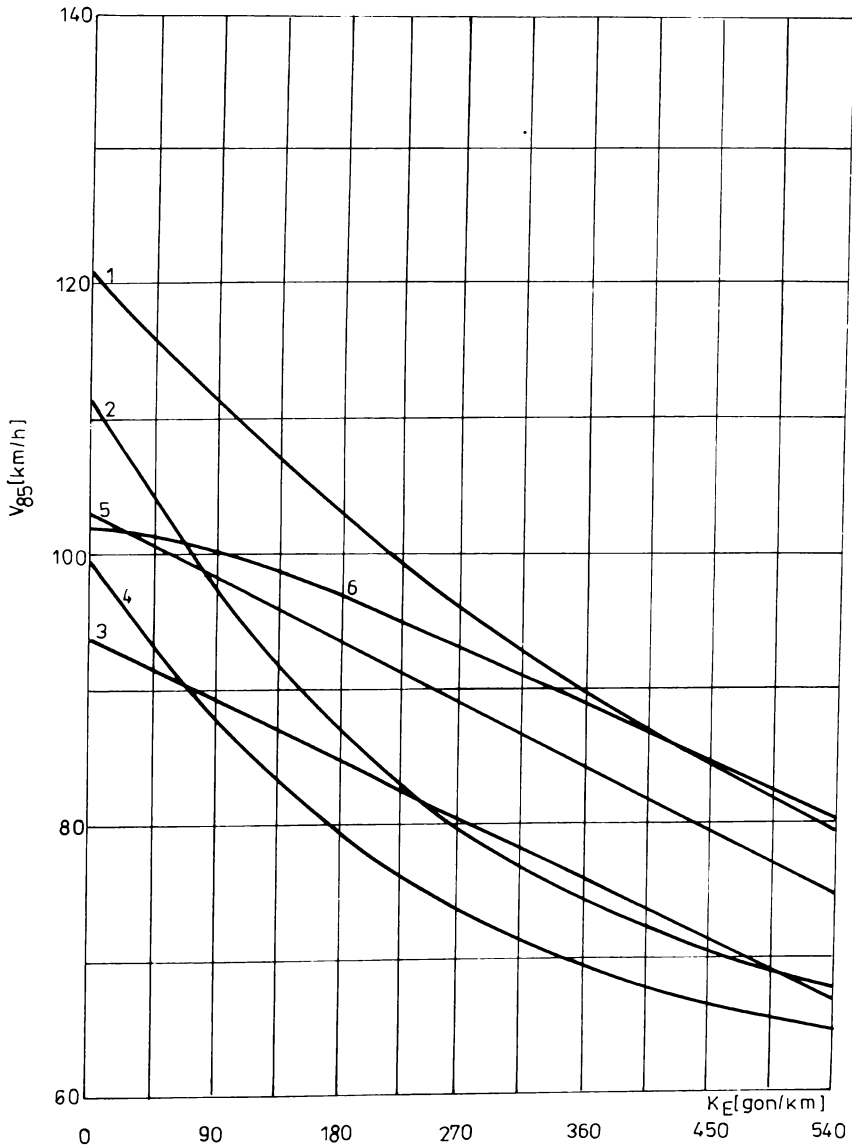


Fig. IV.39. Viteza de operare funcție de caracteristicile de proiectare  $k_E$  pentru drumurile urbane cu două benzi.

În cazul drumurilor cu mai mult de două benzi de circulație, în scopul proiectării acestora, datorită faptului că  $V_{85}$  este mai mare decât viteza permisă, doctorandul a ajuns la concluzia că este recomandabil să se folosească numai criteriul de siguranță II (CS II) și anume:

- pentru drumuri urbane:

$$V_{85} = V_{perm} + 20 \text{ km/h pentru artere de categoria I} \quad (\text{IV.68})$$

$$V_{85} = V_{perm} + 10 \text{ km/h pentru artere de categoria a II-a} \quad (\text{IV.69})$$

$$V_{85} = V_{perm} + \quad \text{km/h pentru drumuri principale} \quad (\text{IV.70})$$

unde:

$V_{85}$  este viteza de operare;

$V_{perm}$  - viteza permisă;

-pentru drumuri interurbane:

$$V_{85} = V_p + 10 \text{ km/h pentru } V_p > 100 \text{ km/h} \quad (\text{IV.71})$$

$$V_{85} = V_p + 20 \text{ km/h pentru } V_p < 100 \text{ km/h} \quad (\text{IV.72})$$

unde:

$V_{85}$  este viteza de operare (km/h);

$V_p$  - viteza de proiectare (km/h).

În țările în care literatura de specialitate nu dă formule pentru calculul vitezei de operare  $V_{85}$ , aceasta se stabilește ținând seama de următorul procedeu:

-metoda de bază folosită constă în măsurarea timpului necesar pentru un vehicul care parcurge un traseu dat, măsurat și care se termină în centrul curbei. De asemenea se fac măsurători de viteză pe tangentele de dinainte și după curbă. Lungimea sectorului este de 50 m;

- pentru ca viteza măsurată să fie considerată ca viteză în flux liber, adică cea dorită de către conducătorul auto în anumite condiții de drum și neinfluențat de ceilalți participanți la trafic), se măsoară doar vitezele autoturismelor izolate (adică cele care se găseau la mai mult de 6 secunde interval în timp față de alte vehicule. Măsurătorile se fac în timpul zilei, în fiecare zi din săptămână, în condiții de parte carosabilă uscată; autoturismele aflate în fruntea unui grup de vehicule nu au fost luate în considerare;

- tehnologia de măsurare a vitezei constă în cronometrarea ei de către un observator (radar), plasat la cel puțin 5 m față de marginea carosabilului pentru ca prezența sa să nu influențeze viteza vehiculelor, dar nu prea departe pentru a minimaliza efectul de cosinus;

- măsurătorile se fac în medie pentru 50...75 autoturisme în condiții de flux liber, în ambele direcții; în mod normal sunt necesare cca. 100 de sectoare în curbă, cu valori pentru  $k = 0...500 \text{ gon/km}$  pentru determinarea vitezei de operare ( $V_{85}$ );

- datele obținute se prelucrează și se stabilește  $V_{85}$  ca fiind cea viteză sub care se situau 85 % din vehiculele observate.



Se examinează de asemenea și efectul căii de rulare. În cazul unui carosabil umed s-a constatat că în general viteza de operare nu este adaptată de conducătorii auto la condițiile de drum, decât în cazuri de vizibilitate redusă, ploii torențiale, sau parte carosabilă lunecoasă (mâzgă, polei, gheață). Acest lucru se datorează faptului că în general conducătorii auto nu par să realizeze faptul că, datorită coeficientului de aderență redus al unui carosabil umed comparativ cu un carosabil uscat, poate să conducă la manevre critice sau chiar la accidente de circulație.

Literatura de specialitate [79]; [110]; [111] precum și cercetările făcute în această direcție, permit formularea următoarelor definiții pentru "Criteriile de Siguranță I și II":

- Cazul I: Nivel de proiectare "BUN": Sectoarele de drum în aliniament sau curbe de tranziție combinate cu secțiuni în curbă periculoasă, pentru care  $k_F < 180$  gon/km, prezintă cel mai scăzut risc de producere a accidentelor. Pe aceste sectoare de drum nu sunt necesare corecții în profil longitudinal și transversal.

- Cazul II. Nivel de proiectare "SATISFĂCĂTOR": Sectoarele de drum în care  $180 \text{ gon/km} < k_F < 360 \text{ gon/km}$  au rata accidentelor cel puțin dublă față de cazul I. Segmentele de drum pot prezenta inconsistențe minore în proiectarea elementelor geometrice atât în profil longitudinal cât și în profil transversal, dar nu este nevoie de o reproiectare a sectorului.

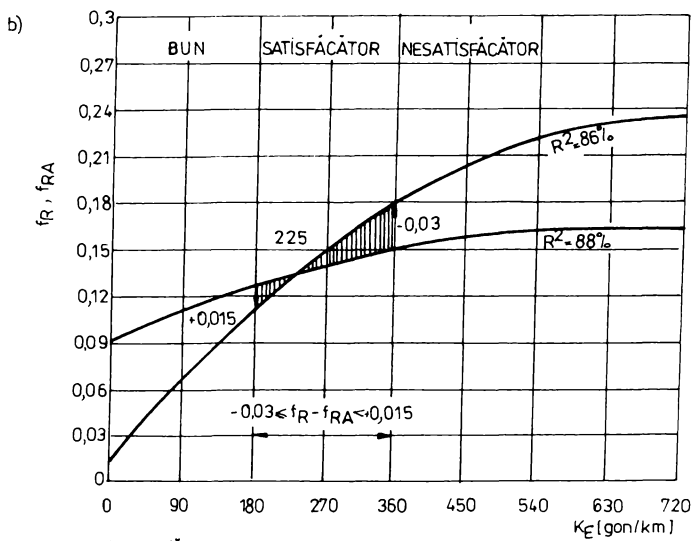
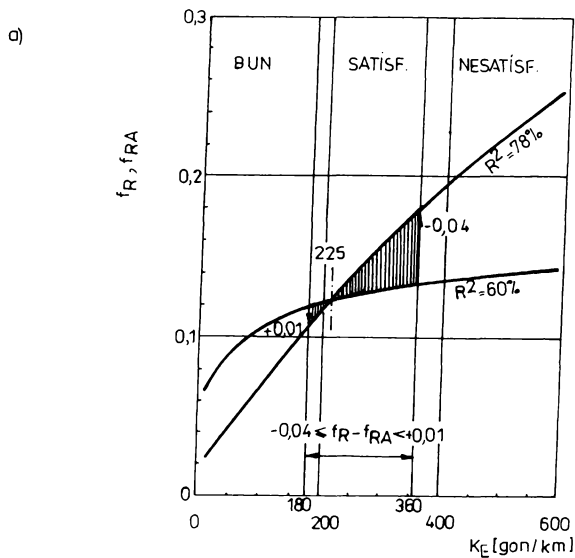
În aceste cazuri avertizarea conducătorilor auto se face cu ajutorul indicatoarelor rutiere.

- Cazul III: Nivel de proiectare "NESATISFĂCĂTOR": Sectoarele de drum cu  $360 \text{ gon/km} < k_F < 540 \text{ gon/km}$  au rata accidentelor de minim 4 ori mai mare decât cazul I. Acest lucru se datorează faptului că astfel de sectoare prezintă inconsistențe puternice în proiectarea elementelor geometrice atât în profil longitudinal cât și transversal, ceea ce conduce la o operare în parcurs neeconomică și riscantă, soldată de cele mai multe ori cu accidente rutiere. În cazul acestor sectoare este absolut necesară reproiectarea elementelor geometrice ale drumului atât în plan orizontal cât și în plan vertical.

Criteriul de siguranță III (CS III) este capabil să evalueze aspecte de dinamică a maniabilității în cazul traiectoriilor curbilinii.

Criteriul de siguranță III compară coeficientul de aderență lateral ( $f_R$ ) din actualele instrucțiuni de proiectare cu coeficientul de aderență necesar ( $f_{RA}$ ) în zona curbelor respective.

Cercetările întreprinse în Germania și SUA de către prof. dr. ing. Ruedinger Lamm [79] au arătat că de cele mai multe ori valoarea coeficientului de aderență laterală ( $f_R$ ) folosit în proiectare este mai mică decât valoarea coeficientului de aderență necesar ( $f_{RA}$ ) în cazul vitezei de operare  $V_{85}$  observată în realitate. Aceste situații corespund valorilor lui  $k_F$  de peste 225 gon/km, deci curbelor cu raze  $R < 280$  m. (fig. IV.40.a pentru Germania și fig. IV.40.b. pentru SUA).



Legendă:

$f_R$  - coeficientul de aderență transversal considerat  
 $f_{RA}$  - coeficientul de aderență transversal necesar

Fig. IV.40. Evaluarea coeficienților de aderență transversali  $f_R$  și  $f_{RA}$  funcție de  $k_E$ .

După cum se poate observa din fig. IV.40, în cazul nivelului de proiectare "BUN" valoarea coeficientului de aderență laterală ( $f_R$ ) este mai mare decât valoarea coeficientului de aderență necesar ( $f_{RA}$ ).

Atât Germania cât și SUA au valori apropiate ale coeficientului  $f_{RA}$  pentru nivelele de proiectare "BUN" și "NESATISFĂCĂTOR". S-a stabilit că în calculele de proiectare să fie folosite valorile stabilite în cazul Germaniei, fiindcă în această țară la stabilirea coeficientului  $f_{RA}$  s-a ținut seama și de influența curbelor de tranziție (nu numai de curbele circulare).

Pe baza valorilor  $k_E$  au fost stabilite, pentru nivelele de proiectare "BUN", "SATISFĂCĂTOR", "NESATISFĂCĂTOR", diferențele corespunzătoare dintre  $f_R$  și  $f_{RA}$  (tabelul IV.30.)

Tabelul IV.30.

**INTERVALE LIMITĂ ALE CRITERIULUI DE SIGURANȚĂ III.**

Criterii de siguranță (CS)	BUN $k_E < 180$ gon/km	SATISFĂCĂTOR $180 < k_E < 360$ gon/km	NESATISFĂCĂTOR $k_E > 360$ gon/km
III	+0,01 < $f_R - f_{RA}$ (D) +0,05 < $f_R - f_{RA}$ (SUA)	-0,04 < $f_R - f_{RA}$ < +0,01 (D) -0,03 < $f_R - f_{RA}$ < +0,05 (SUA)	$f_R - f_{RA} < -0,04$ (D) $f_R - f_{RA} < -0,03$ (SUA)

Formulele de calcul pentru coeficienții  $f_R$  și  $f_{RA}$  sunt:

$$f_R = \frac{V_d^2 - e}{127R} \quad [-] \quad (IV.73)$$

$$f_{RA} = \frac{V_{85}^2 - e}{127R} \quad [-] \quad (IV.74)$$

unde :

$f_R$  este coeficientul de aderență laterală;

$f_{RA}$  - coeficientul de aderență necesar;

$V_d$  - viteza de proiectare;

$V_{85}$  - viteza de operare;

R - raza curbei;

e - supraînălțarea curbei.

Când se face evaluarea unor segmente de drum, se recomandă examinarea acestora pe baza Criteriilor de siguranță c.f. tabelului IV.31.

Tabelul IV.31.

**LIMITE ADMISIBILE PENTRU CRITERIILE DE SIGURANȚĂ I, II, III**

Criteriul de siguranță	BUN (ADMISIBIL)	SATISFĂCĂTOR (ACCEPTABIL)	NESATISFĂCĂTOR (NEADMISIBIL)
I	$ V_{85} - V_{85i-1}  < 10$ km/h	$10 <  V_{85} - V_{85i-1}  < 20$ km/h	$ V_{85} - V_{85i-1}  > 20$ km/h
II	$ V_{85} - V_d  < 10$ km/h	$10 <  V_{85} - V_d  < 20$ km/h	$ V_{85} - V_d  > 20$ km/h
III	+0,01 < $f_R - f_{RA}$	-0,04 < $f_R - f_{RA}$ < +0,01	$f_R - f_{RA} < -0,04$

Doctorandul consideră eficient acest mod de evaluare a sectoarelor de drum atât pentru cele existente supuse reabilitării cât și pentru cele noi, în cazul de față pentru variantele ocolitoare, în vederea aprecierii nivelului de siguranță a circulației și a efectuării intervențiilor necesare pentru eliminarea eventualelor deficiențe.

Dealtfel, în anul 1996, împreună cu specialiștii din cadrul INCERTRANS București, doctorandul a făcut o analiză amplă a sectoarelor periculoase folosind această metodologie exemplificând acest lucru cu analiza sectorului periculos km 409+100...410+100 Domașnea (tabelul IV.32.).

Tabelul IV.32.

**SECTOR PERICULOS NR. 6 DE LA km 409+100 LA km 410+100**

Elementul 1		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
-	-	409+100	409+102	-	-	0	111,71	-	-	-
CRITERIUL II: $ V_{85,1} - V_d  = \dots\dots\dots$										
Tranziție 1-2 pt. CRITERIUL I: $ V_{85,1} - V_{85,2}  = 35,32 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Elementul 2		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
175	40	409+102	409+319	26	26	320,387	76,39	2,5	0,047	0,237
CRITERIUL II: $ V_{85,2} - V_d  = 36,39 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
CRITERIUL III: $f_R - f_{RA} = -0,19 < -0,04$ - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Tranziție 2-3 pt. CRITERIUL I: $ V_{85,2} - V_{85,3}  = 26,64 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Elementul 3		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
-1000	50	409+319	409+400	-	-	63,7	101,03	-	-	-
CRITERIUL II: $ V_{85,3} - V_d  = 51,03 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Tranziție 3-4 pt. CRITERIUL I: $ V_{85,3} - V_{85,4}  = 10,68 < 20$ km/h - Nivel de proiectare satisfăcător										
Elementul 4		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
-	-	409+400	409+507	-	-	0	111,71	-	-	-
CRITERIUL II: $ V_{85,4} - V_d  = \dots\dots\dots$										
Tranziție 4-5 pt. CRITERIUL I: $ V_{85,4} - V_{85,5}  = 33,02 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Elementul 5		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
-255	40	409+507	409+670	-	-	283,111	78,69	2,5	0,031	0,191
CRITERIUL II: $ V_{85,5} - V_d  = 38,69 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
CRITERIUL III: $f_R - f_{RA} = -0,16 < -0,04$ - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Tranziție 5-6 pt. CRITERIUL I: $ V_{85,5} - V_{85,6}  = 33,02 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Elementul 6		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
-	-	409+670	409+922	-	-	0	111,71	-	-	-
CRITERIUL II: $ V_{85,6} - V_d  = \dots\dots\dots$										
Tranziție 6-7 pt. CRITERIUL I: $ V_{85,6} - V_{85,7}  = 33,02 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Elementul 7		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
-255	40	409+922	410+012	-	-	283,111	78,69	2,5	0,031	0,191
CRITERIUL II: $ V_{85,7} - V_d  = 38,69 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
CRITERIUL III: $f_R - f_{RA} = -0,16 < -0,04$ - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Tranziție 7-8 pt. CRITERIUL I: $ V_{85,7} - V_{85,8}  = 33,02 > 20$ km/h - Nivel de proiectare nesatisfăcător										
Elementul 8		Locație		Clotoide		$k_E$ [gon/km]	$V_{85}$ [km/h]	Dever [%]	$f_R$ [-]	$f_{RA}$ [-]
Raza [m]	$V_d$ [km/h]	de la	la	înainte	după					
-	-	410+012	410+100	-	-	0	111,71	-	-	-
CRITERIUL II: $ V_{85,8} - V_d  = \dots\dots\dots$										

În urma acestor analize au rezultat trei grupe de măsuri pentru rezolvarea sectoarelor periculoase, după cum urmează:

*- măsuri generale:*

Măsurile generale pentru soluționarea sectoarelor periculoase de pe drumul studiat se referă la:

- amploarea convenabilă a punctelor de conflict (intersecții);
- atenționarea conducătorilor auto asupra zonelor de conflict cu pietonii (presemnalizarea trecerilor de pietoni) și după caz repetarea acestora pe console;
- limitarea prin parapete a zonelor de acces pentru pietoni spre partea carosabilă în zonele aglomerate;
- atenționarea participanților la trafic, care intră în/sau traversează fluxul principal.

Pentru materializarea acestor măsuri generale este necesar să se execute următoarele lucrări:

- marcarea corespunzătoare a trecerilor de pietoni;
- semnalizarea verticală și, după caz, prin lampă cu lumină intermitentă, a trecerilor de pietoni;
- asigurarea iluminatului public mai intens în zona intersecțiilor și a trecerilor de pietoni;
- analiza trecerilor de pietoni existente în funcție de caracteristicile traficului pietonal și eventuala reamplasare a lor;
- executarea marcajului axial cu bandă continuă în dreptul școlilor și executarea de benzi transversale avertizoare (marcaj, benzi rezonante), pe sectorul cuprins între indicatoarele "Copii";
- executarea lucrărilor necesare pentru asigurarea vizibilității în curbe prin defrișarea plantației și tăierea vegetației spontane din interiorul curbei;
- executarea corectă a semnalizării rutiere verticale la intersecția drumului principal cu drumurile secundare;
- proiectarea și amenajarea corectă a intersecțiilor la nivel dintre drumul principal și drumurile secundare cu trafic ridicat (în special cu drumurile județene);
- semnalizarea corectă a curbelor periculoase inclusiv panouri suplimentare și avertizarea prin marcaje transversale a curbelor situate între două aliniamente lungi;
- amplasarea indicatoarelor rutiere în locuri vizibile;
- folosirea de materiale performante pentru semnalizarea rutieră: folie reflectorizantă, vopsea de marcaj și microbile, butoni și plăcuțe reflectorizante, stâlpi de dirijare.

*- măsuri referitoare la elementele geometrice:*

În urma analizelor și studiilor efectuate privind lucrările necesare corectării traseului în plan longitudinal și transversal și mărirea siguranței circulației, se consideră că trebuie executate următoarele lucrări:

- varianțe ocolitoare prezentate în tabelul IV.2.

- sporirea lăţimii părţii carosabile la minim 8.00 m;
- corecţia elementelor geometrice a curbelor atât în profil longitudinal cât şi în profil transversal (racordări, declivităţi, supralărgiri şi supraînălţări);
- amenajare de benzi suplimentare pentru vehicule lente;
- refacere parapete;
- amenajarea intersecţiilor cu benzi de decelerare şi accelerare şi amplasarea lor în aşa fel încât să fie perpendiculare pe drumul principal

- *măsurile particulare:*

Acest tip de măsuri a fost gândit de autor pentru a rezolva problemele specifice fiecărui sector periculos în parte în vederea eliminării sau reducerii numărului de accidente de pe sectorul respectiv, iar lucrările necesare a se executa sunt:

- refacerea şi corectarea debleelor în vederea măririi vizibilităţii în curbe;
- sistematizarea circulaţiei în municipiile Lugoj şi Caransebeş;
- desfiinţarea plantaţiei ajunsă la vârsta de exploataibilitate şi înlocuirea ei cu grupuri de plantaţie;
- verificarea amplasării locurilor de parcare, astfel încât să fie vizibile din ambele sensuri;
- amenajarea alveolelor în staţiile de autobuz;
- amenajarea acceselor la obiectivele importante amplasate în zona drumului (staţii de carburanţi, centre comerciale etc.);
- semnalizarea distanţei minime obligatorie dintre vehicule, acolo unde traseul impune acest lucru.

Aceste pachete de măsuri propuse de doctorand pentru rezolvarea problemelor de siguranţă a circulaţiei pe traseul studiat vor fi introduse de D.R.D.P. Timişoara în tema de proiectare a sectorului DN6 km 358+000...552+600 supus reabilitării, iar lucrările se vor executa etapizat (subcap. 2), prioritatea lor făcându-se funcţie de efectul estimat ca urmare a implementării acestora.

Măsurile necesare pentru corectarea elementelor geometrice în profil longitudinal şi transversal sunt determinate pe baza analizei nivelului de proiectare conform criteriilor de siguranţă I, II şi III.

Elementele necesare stabilirii nivelului de proiectare au fost analizate de doctorand şi prezentate schematic în "Fişa sectorului periculos" (pentru exemplificare tabelul IV.33.) iar măsurile necesare de realizat în vederea creşterii siguranţei circulaţiei în punctul respectiv sunt prezentate în "Fişa măsurii de creştere a siguranţei circulaţiei (pentru exemplificare tabelul IV.34.).

Astfel de fişe au fost întocmite de doctorand pentru toate puntele periculoase de pe DN6 km 358+000...552+600.

## FIȘA SECTORULUI PERICULOS NR. 6

A. Informații generale		
Localizare de la ... la ...	Localitate [Da/Nu]	Număr accidente
km 409+100...km 410+100	Da	5

B. Informații specifice despre accidente										
Accident nr.	Poziție km	Consecințe	Vehicule implicate	Pietoni implicați	Caracteristici drum			Intersecție cu	Intersecție amenajată	Trecere pietoni
					Aliniament	Curbă	Nr. benzi			
1	409+100	RG1	autoturism	1	-	Dreapta	2	Da, dr.	-	-
2	409+470	RU1	autoturism	1	Da	-	2	-	-	-
3	410+000	RG1	TIR	-	-	Stânga	2	Da, st.	-	-
4	410+050	MO1, RG1	TIR	-	Da	-	2	Da, dr.	-	-
5	410+100	-	TIR	-	Da	-	2	Da, dr.	-	-

C. ALTE INFORMAȚII DESPRE PUNCTUL NEGRU REFERITOARE LA CARACTERISTICILE DRUMULUI									
ELEMENT GEOMETRIC Nr.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	aliniament	curbă	curbă	aliniament	curbă	aliniament	curbă	aliniament	
Lungimea [m]	2	217	81	107	163	252	90	88	
Raza [m]	-	175	1000	-	255	-	225	-	
Vizibilitate [m]	-	70	130	-	130	-	150	-	
Nivel de proiectare [criteriul]:	I	Nesatisf.	Nesatisf.	-	Nesatisf.	Nesatisf.	Nesatisf.	Nesatisf.	-
	II	-	Nesatisf.	Nesatisf.	-	Nesatisf.	-	Nesatisf.	-
	III	-	Nesatisf.	-	-	Nesatisf.	-	Nesatisf.	-

Nr. treceri pietoni	-
Nr. intersecții cu DN, DJ, DC	-
Nr. intersecții cu alte categorii de drumuri	10
Semnalizări	Curbă dreapta
Marcaje	De separare a sensurilor de circulație, de delimitare a părții carosabile, linie continuă simplă, pod, linie discontinuă simplă
Trotuare	-

**FISĂ MĂSURI DE CREȘTERE A SIGURANȚEI CIRCULAȚIEI**  
sector periculos nr. 6

**A.** A se vedea măsurile generale de aplicat în zona punctelor negre din localități

**B.** Propuneri de îmbunătățire a siguranței circulației din punct de vedere al caracteristicilor drumului, pe elemente:

b1. Criteriul II:

- elementul 2:  $R = ct. \Rightarrow e = 9,6 \%$ ;  
 $e = ct. \Rightarrow R = 348 \text{ m}$ ;  
 $e = e_{\max} (7\%) \Rightarrow R = 214 \text{ m}$ ;
- elementul 3:  $R = ct. \Rightarrow e = 4,2 \%$ ;  
 $e = ct. \Rightarrow R = 2721 \text{ m}$ ;  
 $e = e_{\max} (7\%) \Rightarrow R = 654 \text{ m}$ ;
- elementul 5:  $R = ct. \Rightarrow e = 8,9 \%$ ;  
 $e = ct. \Rightarrow R = 484 \text{ m}$ ;  
 $e = e_{\max} (7\%) \Rightarrow R = 269 \text{ m}$ ;
- elementul 7:  $R = ct. \Rightarrow e = 8,9 \%$ ;  
 $e = ct. \Rightarrow R = 484 \text{ m}$ ;  
 $e = e_{\max} (7\%) \Rightarrow R = 269 \text{ m}$ ;

b2. Criteriul III:

- elementul 2:  $f_{R\min} = 0,197 > 0,18$
- elementul 3:
- elementul 5:  $f_{R\min} = 0,151 < 0,18$
- elementul 7:  $f_{R\min} = 0,151 < 0,18$

**C.** Măsuri particulare:

*II. Etapa viitoare:*

- amenajare varianta ocolitoare comuna Domașnea.



### 3.5. Soluții tehnice pentru protecția mediului

Problemele specifice de protecție a mediului, în diferite regiuni ale lumii, depind de dezvoltarea economică, de condițiile demografice, de tipul de amenajare, de condițiile climatice și naturale, de topografia regiunii și de politica transporturilor din regiunea respectivă precum și de gradul de implementare a principiilor de evaluare a impactului asupra mediului. Țările cu un sistem de transport rutier dezvoltat, înregistrează progrese notabile în protecția mediului, iar altele, cum sunt cele din Europe de Est, Africa, Asia Centrală și Meridională, își pun problemele legate de protecția mediului abia acum. Efectele negative ale traficului (volum și agresivitate), vor impulsiona luarea de măsuri urgente și în aceste țări privitor la reducerea emisiilor de gaze de eșapament, a zgomotului și vibrațiilor cât și protecția corespunzătoare a florei și faunei în zonele unde se va reabilita și se vor construi drumuri.

Referitor la sectorul analizat s-au studiat și inventariat atât parametrii de mediu fizic și natural, cât și cei de mediu uman și s-a gândit un pachet de măsuri privind atenuarea sau/și eliminarea efectelor negative a drumului asupra acestor parametri, după cum urmează:

- *Solul* - Este contaminat chimic ca urmare a dejecțiilor care cad pe drum, din circulația autovehiculelor în special hidrocarburi, oxizi de metale grele rezultați din arderea hidrocarburilor, sarea sau înlocuitorii acesteia, folosită pe timp de iarnă în activitatea de dezăpezire etc., contaminări care sunt antrenate în apa de pe partea carosabilă în zona drumului. Solul își poate modifica forma, apărând eroziuni, ebulmenți, alunecări, potmoliri, afiueri etc., acolo unde nu sunt luate măsuri corespunzătoare pentru scurgerea apelor. De asemenea, suprafețe întregi de teren urmează să fie scoase temporar sau definitiv din circuit (agricol, silvic sau cu alte destinații) pentru construirea de variante ocolitoare definitive, sau variante temporare pentru execuția lucrărilor.

Pentru eliminarea sau/și diminuarea acestor surse de poluare, se pot implementa următoarele măsuri:

- intervenție la organele centrale pentru legiferarea folosirii benzinei fără plumb și construirea de autovehicule ecologice;
- folosirea pe timp de iarnă, pentru combaterea poleiului, a soluției apoase de sare (fără amestec cu nisip), acest lucru conduce la eliminarea răspândirii de material antiderapant și, implicit, la așternerea unei cantități reduse de sare;
- construirea de îmbrăcămînți bituminoase rugoase, pentru stratul de uzură, pentru reținerea impurificatorilor din apele de ploaie;
- construirea și impermeabilizarea dispozitivelor de scurgere a apelor, în vederea evacuării lor din zona drumului;
- alegerea rutelor cele mai scurte pentru variantele ocolitoare definitive sau temporare și limitarea la minim a exproprierilor de teren.

Calitatea apelor suferă din următoarele cauze:

- poluare cu materialele folosite pentru lucrările de construcție sau întreținere: lucrări sezoniere și anume combaterea poleiului în timpul iernii cu materiale antiderapante;

- poluare accidentală, datorită scurgerii în timpul transportului a substanțelor periculoase care modifică pH-ul și proprietățile organoleptice ale apelor;

- poluare cronică, rezultată din poluarea cu substanțe organice și hidrocarburi provenite din uzura înaintată a autovehiculelor și a îmbrăcăminților rutiere.

Soluțiile tehnice pentru eliminarea acestor efecte pot fi următoarele:

- realizarea de instalații de epurare a apelor de ploaie impurificate (decantoare), în care să fie colectate apele din zona drumului;

- montarea unor ecrane capilare în fundația drumului, recomandată de doctorand pe sectorul Lugoj - Timișoara;

- intervenția eficientă și rapidă în cazul accidentelor rutiere în care sunt antrenate transportoare de substanțe toxice și recuperarea în grabă a acestora;

- executarea de îmbrăcămini bituminoase etanșe.

- *Aerul* - Suportă una dintre cele mai importante agresii ale circulației auto, prin poluanții principali rezultați din combustia motoarelor cu ardere internă: oxizi de carbon, de azot, de plumb, hidrocarburi, emisii de combustie, praf.

Pentru protejarea aerului, se impun următoarele măsuri:

- intervenția la construcții de autovehicule, pentru echiparea lor cu catalizatori și pentru îmbunătățirea arderii combustibilului în motoare;

- construcția de variante ocolitoare ale localităților;

- interzicerea circulației auto în zone rezidențiale și amenajarea centrelor orașelor mari numai pentru pietoni;

- impermeabilizarea acostamentelor și amenajarea drumurilor de acces cu îmbrăcămintă bituminoasă sau pavaj, pentru evitarea producerii de praf.

Pentru îmbunătățirea drumurilor de acces, doctorandul împreună cu specialiști din cadrul DRDP Timișoara au studiat, experimentat și au implementat o îmbrăcămintă bituminoasă realizată dintr-un strat de macadam îndopat cu nisip bituminos, realizată pe o lungime de 100...150 m și lățimea de 5 m.

Tehnologia constă în executarea unei îmbrăcămini din piatră spartă (macadam) în grosime de 8...10 cm, așezată pe un strat de balast de cca. 20...25 cm, și un strat de nisip de 5 cm.

Macadamul se îndoapă cu nisip bituminos cu un conținut de bitum de 10...15% și se compactează până la realizarea încheștării pietrei sparte. Pentru impermeabilizarea structurii realizate, se poate aplica un tratament bituminos executat la rece (folosind emulsie bituminoasă).

Din experiența pe care o are doctorandul, pentru a se curăți în întregime pneurile de noroi, este nevoie ca drumul de acces să aibă o lungime de 150...200 m. Avantajele conferite de această tehnologie constă în faptul că se poate executa rapid, este o tehnologie energoneintensivă (se execută la rece) și are costuri de execuție

relativ reduse, în comparație cu îmbrăcămintea din pavele sau cea executată cu mixtură asfaltică.

- *Poluarea fonică* - zgomotul și trepidațiile, componentele care produc poluarea fonică, sunt acele tipuri de poluare pe care le simțim cel mai frecvent. Nivelul poluării de acest fel depinde de vitezele și volumul de circulație, de ponderea vehiculelor grele, de elementele geometrice ale drumului (declivități, curbe), de planeitatea căii și macrotectura stratului de uzură, iar în cazul vibrațiilor, și de structura hidrogeologică a terenului pe care este construit drumul.

Pachetul de măsuri propus pentru diminuarea zgomotului, are în vedere preocupările doctorandului pentru realizarea unei suprafețe de rulare antizgomot și datează din anul 1986, imediat după efectuarea stagiului în Franța.

*Tratamente bituminoase antizgomot.* În vara anului 1986, doctorandul, împreună cu un colectiv de specialiști din cadrul D.R.D.P. Timișoara și al Catedrei de Drumuri și Fundații, a executat pe DN7 Arad - Nădlac, pentru prima dată la noi în țară, tratamente bituminoase antizgomot.

Tehnologia de execuție a constat în realizarea unui tratament bituminos după tehnologia clasică, folosind ca liant emulsia bituminoasă cu rupere rapidă, cu un conținut de bitum de 60 %, iar ca agregate naturale - pietrișul spălat rost 3-7 mm.

Rezultatele au fost foarte bune, în sensul că pe lângă asigurarea unei etanșeități aproape perfecte, această tehnologie a contribuit la reducerea substanțială a zgomotului pe sectoarele executate cu acest tip de tratamente (vezi Tabelul IV.35.).

*Tabelul IV.35..*

**NIVELUL DE ZGOMOT PE SECTOARELE CU TRATAMENTE ANTIZGOMOT**

Sectorul de tratamente antizgomot executat pe DN 7 în anul 1986	Nivelul măsurat înainte de executarea tratamentelor [dB(A)]	Nivelul măsurat după executarea tratamentelor [dB(A)]	Nivelul admis [dB(A)]
km 563+500...569+000	79,2	67,20	70,00
km 579+000...582+500	76,1	64,80	70,00
km 589+100...593+100	85,5	68,00	70,00

Această tehnologie poate fi folosită în traversarea localităților, unde viteza de deplasare este limitată (tratamentele antizgomot au un coeficient de rugozitate foarte scăzut).

*Îmbrăcăminți bituminoase foarte subțiri (șlam bituminos).* Această tehnologie (prezentată de autor în subcapitolul 3.2.), pe lângă faptul că îmbunătățește suprafața de rulare, reduce considerabil și nivelul zgomotului produs de autovehicule. Această soluție poate fi aplicată pentru sectoarele de pe DN6 a căror îmbrăcămintă este executată din beton de ciment.

*Perdele de protecție* realizate din patru sau mai multe rânduri de plantație ornamentală pot fi o soluție eficientă pe variantele ocolitoare noi, pentru a împiedica propagarea zgomotului, a gazelor și a prafului, spre localitățile ocolite.

Celelalte măsuri cunoscute pentru eliminarea zgomotului (ecrane antizgomot, construirea de clădiri cu înălțimi mari în zona drumului pentru atenuarea zgomotului, etc.) sunt lucrări costisitoare care nu pot fi executate în etapa actuală sau în perspectiva următorilor 10 ani, din lipsă de fonduri.

Pentru diminuarea *poluării fonice din vibrații* în localități, doctorandul consideră că este necesară implementarea următoarelor măsuri:

- folosirea unor utilaje performante, pentru executarea lucrărilor de drumuri pe toată durata execuției;

- limitarea vitezei de circulație în șantier la maximum 30 km/h pe timpul execuției lucrărilor;

- limitarea vitezei de circulație în traversarea localităților la maximum 40km/h, unde clădirile sunt situate la distanțe < 5 m față de marginea părții carosabile și maximum 60 km/h unde clădirile sunt amplasate la distanțe mai mari de 5 m față de marginea părții carosabile;

- menținerea în permanență a suprafeței de rulare în stare foarte bună (fără gropi și denivelări);

- dirijarea traficului greu pe rute ocolitoare, acolo unde este posibil.

#### 4. Concluzii, propuneri

Studiile documentare, precum și cercetările și experimentările proprii efectuate și prezentate în cadrul acestui capitol permit formularea următoarelor concluzii:

- drumul național DN6 km 358+000...552+600, face parte din traseul TEM (TRANS-EUROPEAN NORTH-SOUTH MOTORWAY PROJECT) și are un pronunțat caracter internațional, pe el desfășurându-se un trafic rutier cuprins între 5.000 și 10.000 MZA/zi. Din calculele făcute de autor, având la bază datele de recensământ din anul 1995, traficul de perspectivă va crește în perioada 2001-2005 cu cca. 4,25 % iar în perioada 2006-2020 cu 3,5 %, ponderea importantă în această creștere revenind traficului greu;

- capacitatea portantă a structurilor rutiere existente pe DN 6 km 358+000 ... 552+600 este insuficientă pe 65,4 % din suprafața investigată iar durata de exploatare reziduală de calcul era în anul 1992 sub 15 ani, pe 85,4 din sectorul studiat. De asemenea studiul modulilor de elasticitate dinamici ai materialelor din straturile rutiere și ai pământului de fundație au ilustrat calitatea necorespunzătoare a acestora, excepție făcând sectoarele cu îmbrăcăminte din beton de ciment (49 km);

- 29 poduri au capacitatea portantă insuficientă, cea ce reprezintă 42,5 % din totalul podurilor existente pe DN 6 km 358+000 ... 552+600. Acest lucru se datorează faptului că inițial podurile au fost proiectate pentru clasa I de încărcare și nu pot prelua încărcările rezultate din traficul actual și de perspectivă. De asemenea

doctorandul a inventariat defecțiuni la suprastructură (hidroizolații degradate, armături dezvelite, rosturi nefuncționale) la 30 % din numărul total al podurilor și defecțiuni la infrastructură la 64 % din podurile existente pe sectorul studiat;

- referitor la asigurarea condițiilor de circulație s-a ajuns la concluzia că :

•suprafața de rulare este "MEDIOCRA ȘI REA" pe 83 % din suprafața investigată;

•planeitatea este necorespunzătoare pe între sectorul studiat (61,3 % din valorile IRI sunt încadrate în clasele 3-4 și 4-5);

•pe sectorul studiat km 358+000 ... 552+600 s-au identificat 32 sectoare periculoase pe care s-au produs în perioada 1994...1995 133 accidente, care s-au soldat cu 64 morți și 203 răniți.

- starea critică a DN6 km 358+000...552+600 impunea reabilitarea lui încă din anul 1992, dar din lipsă de fonduri financiare acest proces s-a amânat până în anul 1998, când au fost demarate lucrările de studii pe teren, în vederea introducerii traseului studiat în planurile de reabilitare a Administrației Naționale a Drumurilor.

- în acest sens doctorandul a făcut o analiză a soluțiilor posibile de reabilitare, elaborând studiul de diagnostic al sectorului, precum și studiul tehnic și economic de evaluare a soluțiilor și a costurilor lucrărilor necesare. De asemenea a elaborat un scenariu de prioritizare și etapizare a lucrărilor ținând seama de importanța strategică a sectorului și de starea lui tehnică și de traficul care se desfășoară pe sectorul studiat.

- referitor la soluțiile tehnice studiate și prezentate în acest capitol, se remarcă faptul că ele sunt generate de necesitățile cu care se confruntă sectorul studiat și încearcă să dea răspuns la problemele legate de asigurarea capacității portante a structuri rutiere și a podurilor existente precum și la asigurarea condițiilor normale de circulație. Nu lipsesc din studiul efectuat de autor, soluțiile tehnice necesare protecției mediului și încadrarea lucrărilor noi în ambientul existent.

- având în vedere faptul că structurile rutiere existente sunt în general structuri rutiere suplă, alcătuite dintr-un strat de fundație (balast), un strat de legătură (macadam) ambele în grosime totală de 30...55 cm, acoperite cu 8...21 cm îmbrăcăminte bituminoasă realizată în 2-4 straturi, doctorandul a inițiat și a analizat soluții moderne pentru ranforsarea acestor structuri care să folosească materialele rezultate din refolosirea îmbrăcămintei bituminoase uzate precum și materialele locale.

În acest sens doctorandul consideră că pe întreg sectorul cu îmbrăcăminte bituminoasă, stratul de bază poate fi realizat din materialul rezultat din frezarea îmbrăcămintei bituminoase uzate, folosind tehnologia Wirtgen la rece, tehnologie introdusă pentru prima dată în România în anul 1992, pe DN7 km 473+100...474+300. Tehnologia Wirtgen aplicată prin procedeul "la rece" este o tehnologie ecologică cu un grad foarte redus de poluare, asigură o mare productivitate (cca. 50 m de drum cu lățimea de 7 m într-o oră) și înregistrează costuri scăzute (cca. 20.000 \$/km) în cazul folosirii emulsiei bituminoase ca liant de aport, iar rezultatele obținute până în prezent pe sectoarele executate în țara noastră sunt bune. Din aceste considerente în tema de proiectare și în caietul de sarcini

privind reabilitarea lui DN6 km 358+000...552+600 a fost nominalizată această tehnologie pentru realizarea stratului de bază.

De asemenea doctorandul consideră că această tehnologie poate fi utilizată pentru îmbunătățirea condițiilor de circulație (refacerea suprafeței de rulare) pe drumurile cu trafic foarte ușor, ușor și mediu cu condiția ca noul strat rutier obținut prin tehnologia Wirtgen să fie protejat cu un strat format din tratament bituminos, șlam bituminos sau mixtură asfaltică B.A.16.

- structurile rutiere mixte reprezintă o soluție interesantă pentru realizarea stratului de bază pe sectoarele unde se execută lărgiri a părți carosabile sau/și la realizarea structurii rutiere a acostamentelor.

Folosirea lianților puzzolanici pentru realizarea acestor lucrări pe sectorul studiat de doctorand permite obținerea unor capacități portante ridicate, cu grosimi ale straturilor mai reduse decât în cazul structurilor rutiere suplă și asigură utilizarea cu eficiență ridicată a materialelor locale, cu consumuri relativ reduse de lianți tradiționali, fapt care influențează în sens pozitiv costul lucrărilor.

Indiferent de tehnologie sau liant, în condițiile clasice de execuție, straturile rutiere realizate din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici sau hidraulici se fisurează datorită contracțiilor hidraulice și termice.

Atâta timp cât capacitatea portantă a structurii rutiere mixte este suficientă, de regulă fisurile apar la nivelul suprafeței de rulare și nu sunt periculoase, dar pot fi o sursă rapidă de degradare a suprafeței de rulare dacă nu sunt tratate sau împiedicate să apară la timp, prin faptul că permit pătrunderea apelor de suprafață în structura rutieră.

În aceste condiții preocupările doctorandului, ca de altfel ale întregului corp tehnic din sectorul rutier sunt de a găsi soluții adecvate și eficiente pentru împiedicarea sau inactivarea transmiterii fisurilor din construcție până la nivelul suprafeței de rulare. Pentru realizarea acestui obiectiv doctorandul are câteva contribuții personale și anume:

◆ a contribuit la realizarea și implementarea tehnologiilor de suprafață pentru împiedicarea transmiterii fisurilor precum și a tehnologiilor de interpunere a unor dispozitive antifisuri între structurile fisurate și noile straturi bituminoase (vezi subcap. 3.1.5);

◆ a conceput și lansat în fabricație un dispozitiv care să permită mecanizarea tehnologiei de creare a fisurilor ordonate;

◆ a promovat în cadrul DRDP Timișoara și a participat efectiv la execuția straturilor bituminoase armate cu geogrilă;

- dintre diferitele procedee experimentate până în prezent și prezentate în lucrare pentru îmbunătățirea suprafeței de rulare, autorul consideră că tratamentele bituminoase fonoabsorbante (antizgomot) și covoarele asfaltice subțiri tip RALUMAC sunt cele mai eficiente, ele contribuind și la încetinirea transmiterii fisurilor în suprafața de rulare precum și la reducerea substanțială a zgomotului;

- folosirea bitumului modificat la fabricarea mixturilor asfaltice conduce la îmbunătățirea calității acesteia contribuind la creșterea adhezivității și a rezistențelor

la oboseală și la deformații permanente. Rezultatele obținute de autor prin folosirea polimerului INTERLENE - IN 400 pe sectoarele executate pe DN7 km 547+000...594+000 sunt încurajatoare, doctorandului revenindu-i în continuare misiunea de a menține sub observație aceste sectoare și de a formula concluziile necesare.

- una din problemele majore a drumului național nr. 6, km 358+000...552+600 o constituie incompatibilitatea elementelor geometrice existente și cerințele impuse de derularea traficului rutier existent și de perspectivă.

Se impune deci realizarea unei armonizări între viteza de proiectare și viteza de operare, lucru pe care doctorandul l-a prezentat în lucrare ca o noutate în proiectarea elementelor geometrice ale drumurilor noi sau ale drumurilor supuse procesului de reabilitare.

- probleme legate de protecția mediului au fost studiate de autor cu referire directă la parametrii de mediu fizic, natural și uman.

Doctorandul a semnalat în lucrare sursele de poluare efectuând măsurători privind nivelul de poluare a aerului și nivelul de zgomot rezultat din traficul care se desfășoară pe sectorul studiat. În urma acestor studii am ajuns la concluzia că prin aplicarea unor soluții eficiente, eforturi financiare minime se pot rezolva probleme majore privind protecția solului, a aerului și a populației care locuiește în zona drumului.

## **CAP. V. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI APLICABILITATEA REZULTATELOR OBTINUTE**

### **1. Concluzii generale**

Teza de doctorat prezintă sinteza cercetărilor și experimentărilor efectuate de autor începând cu anul 1982...1997. Experiența acumulată a fost valorificată în studiile și soluțiile propuse pentru reabilitarea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 (limita de județ Mehedinți - Timișoara), sector de drum administrat de Direcția Regională Drumuri și Poduri Timișoara. De asemenea autorul a încercat să definească și să stabilească funcțiile conceptului de reabilitare a drumurilor, scoțând în evidență funcțiile tehnice și economico-sociale a reabilitării. Cercetările și studiile privind reabilitarea drumurilor s-au efectuat în principal în perioada 1993...1997, și au fost determinate de elaborarea unei strategii în domeniul rutier privind refacerea drumurilor naționale, strategie aplicată pe termen scurt în cazul drumurilor care preiau traficul internațional.

Cercetările privind tematica tezei de doctorat au fost efectuate de autor în laboratoarele de drumuri ale Catedrei de Drumuri și Fundații din Timișoara, ale Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara și a Grupului de Șantiere Drumuri și Poduri Timișoara, precum și în colaborare cu unitățile de cercetare din sectorul rutier, și anume Centrul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică (CESTRIN) București, INCERTRANS București și ICPT București. De asemenea autorul a colaborat cu unități de proiectare în domeniul rutier și anume: IPTANA București, IPTANA SEARCH SRL - București și Filiala din Timișoara, precum și cu unitățile de producție (D.R.D.P. Timișoara, G.S.D.P. Timișoara, EDICT Arad), în cadrul cărora am experimentat și aplicat soluții proprii și tehnologii noi moderne și eficiente pentru ranforsarea și întreținerea structurilor rutiere.

Rezultatele obținute și comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale executate confirmă justetea concluziilor obținute prin cercetările de laborator și a permis autorului să valorifice aceste rezultate în diverse lucrări publicate în țară, în elaborarea documentațiilor tehnice pentru lucrările de reabilitare a drumurilor în cadrul DRDP Timișoara (inclusiv pentru reabilitarea lui DN6 km 358+000...552+600) precum și prin obținerea a două brevete de invenții și trei certificate de inovator.

Oportunitatea studiilor și cercetărilor efectuate este dată de necesitatea "salvării" rețelei de drumuri din țara noastră prin crearea de condiții ca drumurile existente să poată prelua traficul destinat transporturilor de mărfuri (traficul greu) și să asigure condiții optime de confort rutier. Acest lucru este posibil prin sporirea



capacității portante a structurilor rutiere existente și prin îmbunătățirea parametrilor geometrici ai drumului. În vederea realizării acestor deziderate este necesar să se elaboreze studii și prognoze formulate concret și cu grad de aplicabilitate sporit, lucru care este posibil dacă sectoarele de drum propuse pentru reabilitare sunt analizate și diagnosticate în detaliu, ținând seama de toate necesitățile drumului.

Autorul și-a propus să inventarieze și să definească componentele reabilitării unui drum, asigurând astfel un instrument de lucru util pentru specialiștii din proiectare și pentru beneficiarii lucrărilor de reabilitare a drumurilor, elaborând în același timp un scenariu de diagnosticare a sectorului analizat (DN6 km 358+000...552+600). De asemenea autorul a încercat să valorifice experiența sa de peste 25 ani de producție în domeniul rutier prin realizarea și implementarea în tehnica rutieră românească a unor tehnologii noi și prin modernizarea și realizarea unor utilaje și dispozitive necesare re tehnologizării procesului de producție.

În scopul definirii conceptului de reabilitare a drumurilor se menționează următoarele:

- dezvoltarea traficului rutier și în special explozia traficului greu determină o dezvoltare continuă a principiilor, metodelor și tehnologiilor de construcție a drumurilor, conducând la o îmbunătățire continuă a caracteristicilor acestora în strictă corelare cu cerințele dezvoltării economico-sociale reale a societății. Aceste aspecte se recunosc și în etapa actuală de evoluție a drumurilor publice, când principiul modalității raționale de acțiune este cel al ameliorării capacității portante a structurilor rutiere și a îmbunătățirii condițiilor de desfășurare a traficului rutier existent și de perspectivă. Conceptul de reabilitare definit de autor, presupune executarea și a altor lucrări concomitent cu lucrările menționate mai sus, lucrări care vizează: sporiri de capacitate de trafic prin construcția de benzi suplimentare pentru traficul lent și variante ocolitoare a orașelor mari sau a "punctelor negre" precum și construcția de pasaje denivelate dacă traficul impune acest lucru; consolidarea podurilor și podețelor, și asigurarea stabilității corpului drumului; îmbunătățirea elementelor geometrice în profil transversal și longitudinal și amenajarea intersecțiilor, a locurilor de parcare precum și executarea altor lucrări conexe drumului (semnalizare rutieră, estetica rutieră); colectarea și evacuarea apelor de suprafață și protecția mediului;

- pentru a conferii un conținut obiectiv și totodată abordabil a noțiunii de reabilitare a drumurilor este necesar să se formuleze precis cerințele utilizatorilor față de rețeaua de drumuri având în vedere ansamblul de criterii prioritare și accesibile din punct de vedere economico - social . De asemenea este necesar să se cunoască evoluția în timp a caracteristicilor tehnice ale drumurilor supuse procesului de reabilitare, precum și factorii de influență asupra evoluției acestora;

- ținând seama de volumul limitat de resurse materiale și financiare alocate infrastructurii economiei naționale, este necesar ca principiul de reabilitare a drumurilor să fie aplicat diferențiat, luând în considerare strategiile existente de valorificare a resurselor disponibile, de prioritizare a acestora și de dirijare a resurselor alocate pentru executarea lucrărilor necesare mării duratei de exploatare a rețelei rutiere și asigurarea condițiilor decente necesare pentru desfășurarea traficului existent și de perspectivă;

- principalele funcții ale reabilitării pot fi grupate în următoarele două categorii: funcții tehnice, tehnologice și organizatorice pe de o parte și în funcții economico - sociale ale planificării, proiectării și execuției lucrărilor de reabilitare pe de altă parte;

- funcțiile tehnice, tehnologice și organizatorice ale reabilitării conțin opt clase de acțiuni (subcapitolul I.4.1) care stabilesc categoriile de lucrări necesare a fi executate pentru rezolvarea integrală a necesităților tehnice ale drumului, necesități subordonate asigurării unor condiții optime de circulație și măririi duratei de exploatare a drumurilor;

- funcțiile economico - sociale ale planificării, proiectării și execuției lucrărilor de reabilitare, grupează metodologiile de prognozare și evaluare a soluțiilor adoptate pentru punerea în practică a funcțiilor tehnice și stabilește criteriile de eficiență și rentabilitate a lucrărilor executate.

Cunoașterea principalelor caracteristici ale drumului național nr. 6 km 358+800...552+600, evoluția lucrărilor executate de-a lungul anilor, analiza și interpretarea lor, constituie baza de date folosită de doctorand pentru stabilirea soluțiilor de reabilitare optime din punct de vedere tehnic și economic.

Studiile și analizele efectuate în această direcție au permis elaborarea următoarelor concluzii:

- sectorul de drum analizat are o lungime de 194,6 km adică 69 % din lungimea totală a drumului național nr. 6 (276,4 km), administrat de Direcția Regională de Drumuri și Poduri Timișoara.

- datele sintetice privind caracteristicile drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 și inventarul lucrărilor importante existente pe sectorul analizat (poduri, viaducte, tipurile de îmbrăcămînți etc.) sunt redată în capitolul II. Este de menționat faptul că traseul studiat are: 188 de curbe, în lungime de 65 km, din care 30 curbe au raze <100 m; 9,7 km de drum cu declivități > 4 %; 70 km de drum traversează localități rurale sau urbane. Pe sectorul studiat sunt construite : 71 buc. poduri și viaducte; 345 buc. podețe; 10452 m ziduri de sprijin ; 1400 m benzi suplimentare pentru traficul lent ; 9854 m sector cu patru benzi de circulație.

- referitor la modernizarea sectorului studiat putem concluziona faptul că lucrările de modernizare s-au efectuat în patru etape distincte pe care autorul le-a clasificat astfel:

- etapa macadamurilor, executate până în prima jumătate a secolului al XIX-lea . Structura rutieră caracteristică acestei perioade este: balast nesortat în grosime de 20...40 cm ; piatră spartă sort 40-63 în grosime de 8...10 cm;

- etapa îmbrăcămînților din beton și pavele , executate în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, caracterizată prin structuri rutiere realizate din beton de ciment în grosime de 18 cm și pavele din piatră (s-au executat 14,1 km beton de ciment și cca. 10,8 km pavaje pe sectorul 367+350...388+650 ) precum și prin faptul că în această etapă s-au realizat lucrări de îmbunătățire a elementelor geometrice ale drumului și anume : amenajări de curbe pentru viteze de 30...40 km/h ; lărgirea părții carosabile de la 4 la 6 m și execuția de lucrări de evacuare a apelor : șanțuri, podețe;

- etapa îmbrăcămînților bituminoase ușoare, cu care începe de fapt modernizarea întregului sector, desfășurată în perioada 1952...1964 când peste

structurile rutiere existente s-au aplicat alte straturi rutiere bituminoase realizate din macadam penetrat, macadam cu subif, covoare de grosime redusă din mortar cu subif. În această etapă platforma drumului a fost lărgită la 7...8 m în localități și la 9 m în afara localităților, iar lățimea părții carosabile a fost de 5...6 m încadrată pe toată lungimea (km 358+000...552+600) cu acostamente și dispozitive de evacuare a apelor (șanțuri și rigole). Tot în această perioadă s-au construit 48 buc. poduri din beton, metal sau zidărie cu o lungime totală de 1396 m și cca. 280 buc. podețe din beton sau zidărie și s-au amenajat 54 buc. curbe pentru viteza de proiectare de 40...50 km/h . Este de remarcat faptul că ritmul anual de execuție a fost de 14,6 km și că toate agregatele naturale necesare au fost aprovizionate din zona drumului;

- etapa ranforsării structurilor rutiere existente, desfășurată în perioada 1962...1986, a rezultat ca urmare a creșterii vertiginoase a traficului rutier precum și a vitezei de circulație. Soluțiile adoptate pentru realizarea ranforsării structurilor rutiere existente au ținut seama într-o oarecare măsură de asigurarea modulelor de deformație necesari preluării traficului din acea perioadă ( $600...750 \text{ daN/cm}^2$ ), dar ele au fost gândite și realizate în special în funcție de resursele tehnico - materiale și financiare existente în acea etapă și alocate pentru acest drum. Din această cauză ritmul lucrărilor a fost relativ scăzut (7...8 km/an ) iar soluția cea mai frecvent aplicată a fost realizarea de îmbrăcăminte bituminoasă într-un strat în grosime de 3...5 cm.

În această perioadă de modernizare (1962...1986) s-au executat practic toate lucrările de artă existente și s-au creat condiții acceptabile de circulație pe întreg sectorul DN6 km 358+000...552+600, prin îmbunătățirea elementelor geometrice (în profil longitudinal și transversal) ale drumului și prin realizarea lucrărilor conexe necesare (subcapitolul II.3.1).

În perioada 1982...1990, datorită crizei energetice acute cu care s-a confruntat sectorul rutier din țara noastră, s-a trecut la folosirea nisipului bituminos și a cimentului ca lianți pentru realizarea îmbrăcămintelor rutiere. Pe sectorul studiat, s-au realizat 24 km îmbrăcăminte cu beton de ciment și 13 km îmbrăcăminte bituminoasă fabricată cu nisip bituminos.

- doctorandul a militat pentru reconsiderarea nisipului bituminos în tehnica rutieră românească și a contribuit la perfecționarea tehnologiilor de fabricare a mixturilor asfaltice folosind nisipul bituminos ca liant. În acest sens autorul a efectuat cercetări de laborator și a executat sectoare experimentale, a căror rezultate au stat la baza folosirii nisipului bituminos în cadrul Administrației Naționale a Drumurilor din România și a permis formularea următoarelor concluzii :

- consistența redusă (are un punct de înmuiere scăzut), constituie unul din impedimentele importante în folosirea bitumului din nisipul bituminos în stare naturală la fabricarea mixturilor asfaltice. Pentru a face posibil acest lucru, bitumul natural existent în nisipul bituminos trebuie corectat prin una din următoarele metode:

• adaus de bitum de petrol , de regulă bitum industrial neparafinos cu penetrația 5/10 zecimi de mm, rezultând în final un bitum cu penetrația de 80/120 zecimi de mm și punct de înmuiere IB de 43...49 °C.

• oxidare înaintată prin ridicarea temperaturii amestecului în uscător la 180...190 °C .

●oxidare catalitică cu ajutorul unor catalizatori de 0,5...1 % din masa mixturii asfaltice. Se realizează un proces complex de oxidare - polimerizare, în care se evaporă o parte din uleiurile ușoare din bitumul natural și are loc o transformare parțială a uleiurilor ușoare în rășini și a acestora în asfaltene. Oxidarea catalitică cu ajutorul unor catalizatori (filer de calcar sau var stins, filer și clorură ferică) experimentată de autor a dat rezultate favorabile, dar nu suficient de convingătoare pentru a se generaliza, acest lucru datorită faptului că din punct de vedere tehnologic și financiar ridică probleme deosebite și anume: sunt necesare modificări ale instalațiilor de preparat mixtură asfaltică; clorură ferică pe lângă faptul că este foarte costisitoare produce și o corodare prematură a uscătorului - malaxor.

- studiile întreprinse de autor au atestat că este posibilă modificarea conținutului bitumului natural din nisipul bituminos prin folosirea procedurii de adaos de bitum de petrol combinat cu o oxidare înaintată prin ridicarea temperaturii în uscător la 180...190 °C , rezultând importante economii de timp și fonduri financiare.

În perioada 1983...1991, în cadrul D.R.D.P. Timișoara s-au executat 157,00 km îmbrăcămînți bituminoase cu nisip bituminos. Analizele de laborator, măsurătorile și inspecțiile vizuale efectuate de doctorand pe sectoarele executate cu mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos a condus la următoarele concluzii :

- referitor la condițiile de fabricare a mixturii asfaltice folosind ca liant nisipul bituminos, am ajuns la concluzia că pentru obținerea unei mixturi asfaltice de calitate bună este important să se efectueze operațiile tehnologice menționate în subcapitolul II.3.1.2.3. "Concluzii și Propuneri ". Problema fundamentală care se ridică în cazul folosirii nisipului bituminos la fabricarea mixturilor asfaltice o constituie corectarea conținutului bitumului natural din nisipul bituminos. Am ajuns la concluzia că raportul bitum natural /bitum dur, trebuie să fie cuprins între 70/25...70/30 % pentru anrobate bituminoase și de 60/40 % pentru celelalte mixturi asfaltice, rezultând un adaos de bitum dur de 1,8...4 % din procentul de bitum prevăzut în dozaje,

- referitor la calitatea nisipului bituminos este de menționat faptul că zăcămintul de nisip bituminos trebuie să aibă un conținut optim natural cuprins între 14...17 %, dar nu mai mic de 10 %, iar impuritățile (argilă, cărbune, bucăți de lemn, etc.) trebuie să fie sub 3 % din volumul de nisip bituminos.

- referitor la condițiile de calitate a îmbrăcămînților bituminoase executate cu mixtură asfaltică fabricată cu nisip bituminos, s-a constatat că ea este durabilă dacă are asigurată caracteristicile de stabilitate, flexibilitate, omogenitate, compactitate și impermeabilitate precum și rezistența la oboseală (subcap. II.3.1.2.3.).

În aceste condiții este de menționat faptul că pentru asigurarea acestor caracteristici se impune folosirea agregatelor naturale concasate în procent de minim 20...30 % din totalul agregatelor folosite, iar compactarea mixturii asfaltice așternută, trebuie făcută la temperaturi de 90...100 °C pentru betoane asfaltice și de 70...80 °C pentru anrobate bituminoase, cu o viteză de compactare cuprinsă între 2...6 km /h realizându-se 14...20 treceri (primele 5 treceri se vor executa cu viteza de 2...4 km/h).

După părerea doctorandului folosirea nisipului bituminos în tehnica rutieră nu trebuie abandonată. Nisipul bituminos constituie o bogăție naturală și o materie primă valoroasă pentru economia românească și în special pentru sectorul rutier, el putând fi

folosit foarte bine pentru fabricarea în continuare a amestecurilor asfaltice necesare executării îmbrăcăminților bituminoase pe drumurile de categoria IV și V, precum și pe drumurile comunale și drumurile agricole.

În acest scop este necesar să se continue cercetările și experimentele privind corectarea consistenței bitumului natural din nisipul bituminos folosind diferite tipuri de polimeri și să se perfecționeze în continuare instalațiile necesare fabricării amestecurilor asfaltice. De asemenea este necesar să se treacă la rentabilizarea utilizării nisipului bituminos prin privatizarea sectorului de exploatare și furnizare a zăcămintului, inclusiv reactivarea exploatarea de nisip bituminos cu un conținut ridicat de bitum.

Sunt convins că prin continuarea studiilor și cercetărilor privind folosirea nisipului bituminos în tehnica rutieră, specialiștii vor găsi cele mai bune soluții pentru utilizarea cu succes a acestui zăcămint.

- menținerea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 în stare corespunzătoare de viabilitate a fost posibilă datorită lucrărilor de întreținere preventivă și curentă efectuate pe acest sector, în special reparații pe suprafețe întinse sau izolate, tratamente bituminoase și covoare subțiri (șlam bituminos). Cu toate că volumul acestor lucrări a crescut an de an, ele nu au fost suficiente pentru un sector de drum al cărui durată de exploatare la nivelul anului 1997 este expirată pe 85,4 % din lungime;

- cercetările efectuate de autor, experiența acumulată în decursul celor 25 ani de activitate în sectorul de întreținere și reparații drumuri au permis doctorandului să inițieze și să aplice o serie de tehnologii noi de întreținere destinate să îmbunătățească starea de viabilitate a drumurilor din care se menționează "Tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase în situ (TRABINSIT)".

- diagnosticarea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 s-a efectuat în vederea determinării cauzelor ce au condus la degradarea sectorului studiat, efectele acestora asupra calității drumului și pentru stabilirea soluțiilor tehnice și economice optime necesare pentru reabilitarea sectorului de drum studiat;

- obiectul studiului de diagnostic este de a inventaria și evalua nivelul de degradare al drumului (capacitatea portantă a structurilor rutiere și a podurilor și uzura suprafeței de rulare), precum și sectoarele de drum instabile și cele cu risc ridicat (sectoare cu alunecări de teren, sectoare periculoase, elemente geometrice în profil longitudinal și transversal necorespunzătoare). De asemenea s-au analizat probleme legate de siguranța circulației, scurgerea apelor și poluarea mediului înconjurător;

Mijloacele folosite de doctorand pentru efectuarea acestor analize au fost: investigațiile efectuate pentru evaluarea traficului și a nivelului de agresivitate a acestuia: studii de detaliere și cuantificare a nivelului capacității portante a sectorului studiat; examinarea ambientală precum și banca de date tehnice rutieră existentă în cadrul D.R.D.P. Timișoara.

Referitor la agresivitatea traficului asupra drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 se pot trage următoarele concluzii:

- traficul rutier a crescut spectaculos odată cu apariția economiei de piață. Valorile acestuia vor fi influențate în continuare, pozitiv, de creșterea produsului

intern brut al României, de gradul de dezvoltare a economiilor din țările vecine cu România și de dinamica schimburilor economice a țării noastre cu alte țări a căror economie este foarte dezvoltată (SUA, Japonia, Coreea, Germania, Franța etc.);

- în perioada 1995...1990 traficul de autoturisme a crescut continuu, ajungând ca în perioada 1985...1995, rata medie de creștere să fie de 7,5 % cu tendință de creștere până în anul 2000 cu 10 %;

- traficul greu și foarte greu a înregistrat după anul 1990 o rată de creștere medie anuală de 5,2 %, producând o agresivitate asupra sectorului studiat de cca. 6,3 ori mai mare decât cea înregistrată în perioada 1995...1990. Prognoza de trafic pentru anul 2000 indică o creștere a traficului foarte greu cu 5,3 % față de anul 1990, ajungându-se ca 60 % din lungimea sectorului studiat să fie supus traficului foarte greu, iar în anul 2005 întreg sectorul studiat să suporte acțiunea traficului foarte greu;

- la nivelul actual de motorizare (factorul de creștere anual pentru țara noastră a fost calculat la 1,5), rezultă că în următorii 10 ani nu se întrevide o diminuare a ritmului de creștere a traficului greu și foarte greu, existând riscul unei degradări accentuate a sectorului studiat.

Referitor la *starea tehnică*, urmare măsurătorilor de planeitate și de capacitate portantă efectuate în anii 1994 și 1995, precum și ca urmare a inspecțiilor de vizualizare a sectorului studiat se pot face următoarele constatări :

- 30 % din suprafața drumului cu îmbrăcăminte bituminoasă și 8 % din suprafața cu îmbrăcăminte din beton de ciment prezintă diferite tipuri de degradări : peladă, suprafețe șlefuite, rupturi de margine, etc;

- defecțiunile structurale (gropi, faianțări, fisuri, fâgașe, etc.) sunt inventariate pe 36 % din suprafața totală a îmbrăcăminte bituminoase și pe 12 % din suprafața totală a îmbrăcăminte din beton de ciment, cu tendința de creștere în perioada de primăvară ca urmare a fenomenului de îngheț-dezgheț;

- 73 % din suprafața de rulare a sectorului studiat ( km 358+000...552+600) are o planeitate necorespunzătoare, iar 83 % din suprafața de rulare este "MEDIOCRĂ" și "REA";

- analiza valorilor deflexiunilor măsurate, atestă o capacitate portantă "REA" a structurii rutiere pe 56,4 % din suprafața înregistrată și o durată de exploatare reziduală de calcul sub 15 ani pe 85,4 % din suprafață;

- modulii de deformare determinați pe sectoare omogene conduc la concluzia că 70 % din structurile rutiere existente pe DN 6 km 358+000...552+600 nu pot prelua solicitările din traficul actual și de perspectivă;

- 29 bucăți poduri adică 42,5 % din totalul podurilor existente pe DN6 necesită lucrări de mărire a capacității portante (aducerea lor la clasa E de încărcare) și de refacere a hidroizolațiilor și a rosturilor de dilatație;

- referitor la punctele periculoase inventariate pe sectorul studiat se menționează faptul că pe DN 6 km 358+000...552+600 există 133 sectoare periculoase pe care în perioada 1994...1995 s-au înregistrat 198 de accidente rutiere soldate cu 64 morți și 203 răniți;

În mod deosebit trebuie tratate și eliminate sectoarele periculoase de la Mehădia km 385+845...387+795 și Domașnea km 409+100...410+100, care din punct de vedere al elementelor geometrice sunt total necorespunzătoare, având

declivități mari 4...7 %, curbe cu raze mici (sub 100 m) și lățimea platformei drumului de cca. 9,0 m.

- referitor la protecția mediului studiul efectuat a scos în evidență faptul că mediul înconjurător aferent drumului național nr. 6 este foarte poluat, noxele emise de vehiculele care circulă pe acest sector reprezintă cca. 10 % din ambientul total, iar emisiile de CO<sub>2</sub> au valori cuprinse între 121,03...294,78 gr/km<sup>2</sup>/an;

- emisia de zgomot măsurată la distanța de 7,5 m de habitat, depășește normele europene admise (77...88 decibeli) la absolut toate tipurile de autovehicule care circulă pe DN6 km 358+000...552+600;

Pe baza studiului de diagnostic asupra necesității reabilitării DN 6 km 358+000...552+600, doctorandul consideră necesară *realizarea reabilitării drumului prin:*

- aducerea lui la capacitatea portantă necesară pentru a putea prelua solicitările din traficul actual și de perspectivă, prin lucrări de ranforsare a structurilor rutiere și prin lucrări de refacere a podurilor din clasa I de încărcare în clasa E de încărcare;

- refacerea suprafeței de rulare sau îmbunătățirea acesteia prin lucrări de ranforsare și prin execuția de covoare foarte subțiri (șlam bituminos, tratamente bituminoase anrobate în situ sau preanrobate);

- executarea în întregime a lucrărilor necesare pentru eliminarea sectoarelor periculoase (variante de ocolire, corecții de traseu etc.), mărindu-se astfel considerabil siguranța circulației rutiere;

- examinarea ambientală a întregului traseu și realizarea măsurilor nominalizate în subcapitolul III.2.5 în vederea înlăturării sau diminuării impactului drum - mediu înconjurător.

Soluțiile tehnice pentru reabilitarea drumului național nr. 6 km 358+000...552+600 țin seama de rolul pe care acest drum îl are în desfășurarea traficului internațional și de faptul că nivelul actual de construcție a drumului este mult sub exigențele standardelor internaționale. La elaborarea soluțiilor s-a ținut seama de studiul de diagnostic al sectorului analizat, de studiul tehnic pentru adaptarea structurilor rutiere la cerințele traficului existent și de studiul economic de evaluare a costului lucrărilor, studii elaborate de autor în teza de doctorat.

Studiul tehnic și economic are la bază modelul de analiză tehnico - economică denumit HDM-Q (Highway Design and Maintenance Standards Model), care ia în considerare efectele aglomerării traficului corelate cu viteza de deplasare și cu costurile de utilizare a autovehiculelor.

Concluziile care s-au desprins din analiza tehnico - economică efectuată în capitolul IV sunt următoarele:

- starea tehnică necorespunzătoare a drumului național nr. 6 impune introducerea lui în programul de reabilitare a drumurilor și tratarea în regim de urgență a lucrărilor necesare a fi executate pentru ca traseul studiat să poată prelua traficul actual și de perspectivă.

- din punct de vedere tehnic s-au analizat două variante de soluții și anume :

**Varianta I:** *soluții tehnice adaptate în funcție de capacitatea portantă suplimentară necesară (DE)*, rezultată din calculele de dimensionare bazate pe modulele de deformații stabilite pentru fiecare sector omogen în parte. A rezultat o grilă de

dimensionare prezentată în tabelul IV.5, care prevede grosimi a straturilor rutiere cuprinse între 14...38 cm.

**Varianta II: soluții tehnice reduse**, rezultate din calculul bazat pe criteriul indicelui de degradare admisibil al straturilor de ranforsare. Grila de dimensionare pentru această variantă este redată în tabelul IV.6 și prevede soluții tehnice în funcție de starea tehnica a sectorului și de natura îmbrăcăminte existente precum și în funcție de clasele de trafic preluate de sectorul studiat.

Studiul economic de evaluare întocmit de doctorand în conformitate cu prevederile modelului HDM-Q prezentat în subcapitolul IV.1.1 a permis: evaluarea costului proiectului de reabilitare și determinarea costului de exploatare a autovehiculelor funcție de starea tehnica suprafeței de rulare și intensitatea și structura traficului; ordonarea sectoarelor analizate și prioritizarea acestora în funcție de valoarea ratei interne de rentabilitate (RIR) precum și selectarea variantei II "soluții tehnice reduse" pe grila de dimensionare a sectorului studiat. Doctorandul a optat pentru această variantă fiindcă ea se adaptează cel mai bine la realizarea unui volum maxim de lucrări în cadrul unor resurse financiare previzibile și cu indicatori economici favorabili.

În cadrul variantei II de reabilitare doctorandul a analizat două opțiuni cu patru variante fiecare (subcap. IV.2.1) și a optat pentru implementarea variantei 2 din opțiunea II datorită faptului că prezintă indicatorii economici cei mai favorabili conducând la reducerea costului mediu de exploatare și a cheltuielilor de întreținere a drumului. De asemenea s-a analizat impactul drumului asupra mediului și a vieții elaborând un pachet de măsuri menite să rezolve probleme majore de impact cu fonduri financiare minime.

Prioritizarea lucrărilor s-a făcut luând în considerare elementele de ordin tehnic și anume: importanța strategică a sectorului, starea tehnică și traficul ce se desfășoară pe sectorul analizat. Ținând cont de aceste considerente etapizarea lucrărilor poate fi:

- *etapa I*: reabilitarea sectorului Lugoj - Timișoara km 415+000...552+700, inclusiv varianta de ocolire a municipiilor Timișoara și Caransebeș; eliminarea sectoarelor periculoase de la Mehadia și Domașnea și reabilitarea a 24 buc. poduri;

- *etapa II*: reabilitarea sectorului km 358+000...494+1000 cu realizarea variantei de ocolire a municipiului Lugoj; eliminarea curbilor periculoase necuprinse în etapa I și reabilitarea a 39 buc. poduri;

- soluțiile tehnice prezentate de autor sunt rezultatul studiilor și experimentărilor în laborator și în situ efectuate de doctorand de-a lungul anilor și încearcă să răspundă necesităților actuale ale sectorului studiat privind îmbunătățirea capacității portante a structurilor rutiere, îmbunătățirea suprafeței de rulare și asigurarea condițiilor pentru siguranța circulației și protecția mediului înconjurător;

- pentru rezolvarea problemelor de capacitate portanta doctorandul considera că stratul de baza se poate realiza pe tot sectorul aplicând tehnologia Wirtgen, realizându-se în acest mod importante economii la fondurile financiare și la timpul de execuție. Concluziile la care a ajuns autorul în urma experimentării și aplicării acestei soluții sunt prezentate în subcap. IV.3.1.1;



- pentru realizarea lărgirilor la partea carosabilă se recomandă structurile rutiere mixte, realizate cu lianți puzzolanici și cu materiale locale, soluția fiind mult mai economică decât soluția clasică de stabilizare a agregatelor de râu cu ciment;

- pentru încetinirea transmiterii fisurilor din contracție până la nivelul suprafeței de rulare se pot folosi tehnologii de interpunere a unor dispozitive antifisuri între straturile fisurate și noile straturi;

- în vederea îmbunătățirii calității mixturilor asfaltice folosite la realizarea îmbrăcămintelor bituminoase, doctorandul a studiat și experimentat cu rezultate bune fabricarea acestora folosind bitumul modificat cu 1,2 % polimer INERLENE-T400 - sectoarele executate după un an se prezintă bine, ele rămânând în continuare sub observația doctorandului;

- sectorul studiat de doctorand are în componență 66 km beton de ciment din care 49 km are capacitate portantă necesară asigurată pentru preluarea traficului actual și de perspectivă, dar are o suprafață de rulare necorespunzătoare atât din punct de vedere al planeității cât și al rugozității;

- în scopul îmbunătățirii suprafeței de rulare pe sectoarele cu îmbrăcăminte din beton de ciment, doctorandul a experimentat folosirea tratamentelor bituminoase antizgomot (fonoabsorbante) pe sectoarele unde nu s-au inventariat defecțiuni de suprafață a îmbrăcămintei din beton de ciment și covoare asfaltice subțiri executate cu mixtură asfaltică la rece de tipul RALUMAC sau MULTIMAC;

- podurile existente pe DN6 km 356+000...552+600 și studiate de doctorand sunt în general structuri clasice executate în urma cu 30...40 ani și au fost dimensionate pentru clasa I de încărcare. Traficul actual și de perspectiva impune mărirea capacității portante a acestor poduri și aducerea lor la clasa E de încărcare, inclusiv rezolvarea problemelor de scurgerea apelor, prin refacerea rosturilor și a hidroizolațiilor (subcap. IV.3.3.);

- în vederea rezolvării sectoarelor periculoase și a mării siguranței în circulație, autorul a studiat trei criterii de siguranță (subcap. IV.3.4.) care ar trebui aplicate în proiectarea drumurilor noi sau reabilite, criterii care impun o armonizare între viteza de proiectare și viteza de operare;

- soluțiile tehnice studiate de doctorand pentru eliminarea sectoarelor țin seama de criteriile de siguranță și sunt prezentate în subcap. IV.3.4.;

- problema protecției mediului împotriva agresivității traficului și a efectelor negative provocate de aceasta (poluarea, contaminarea chimică, zgomot, trepidații) impune alegerea unor soluții eficiente prezentate de autor în subcap. IV.3.5, cu eforturi financiare minime. În acest context doctorandul a studiat, analizat și recomandat în lucrare soluții tehnice nepoluante sau cu grad redus de poluare, atât pentru ranforsarea structurilor rutiere (tehnologia Wirtgen pentru stratul de uzură, mixtură asfaltică fabricată cu bitum modificat pentru stratul de bază în vederea mării gradului de etanșizare a acesteia, structuri rutiere mixte realizate cu lianți puzzolanici pentru lărgiri, macadam îndopat cu nisip bituminos pentru drumurile de acces) cât și pentru îmbunătățirea suprafeței de rulare (tratamente fonoabsorbante, covoare de grosime redusă de tipul RALUMAC sau MULTIMAC) .

## 2. Contribuții originale, aplicabilitatea și valorificarea rezultatelor obținute

Studiile și cercetările efectuate de autor se înscriu în preocupările specialiștilor privind perfecționarea și diversificarea tehnologiilor de construcție și întreținere a structurilor rutiere. De asemenea lucrarea prezintă formulările date de autor privind conceptul de reabilitare a drumurilor, funcțiile acestui concept și constituie un model de studiu de diagnosticare și de analiză tehnico-economică a unui sector de drum supus reabilitării.

Principalele contribuții originale și direcțiile în care s-a făcut experimentarea și valorificarea rezultatelor obținute de autor sunt următoarele:

- *definirea conceptului de reabilitare a drumurilor, ținând seama de modelul de analiză tehnico-economică HDM-Q (Highway Design and Maintenance Standards Model) și nominalizarea gamei de lucrări care sunt necesare pentru realizarea reabilitării unui drum;*

- *nominalizarea și definirea principalelor funcții ale reabilitării unui drum și gruparea lor ținând seama de obiectivele tehnice sau economice pe care le susțin aceste funcții;*

- *introducerea principiului de "concertare" de către populație prin organismele statale, a proiectelor privind reabilitarea drumurilor;*

- *introducerea și definirea a șapte indicatori de eficiență în sectorul rutier, necesari evaluării și aprecierii oportunității și eficienței unei investiții în domeniul rutier precum și evaluarea efectelor acestor investiții asupra nivelului de viață al populației;*

- *crearea unui instrument de analiză tehnico-economică necesară corpului ingineresc din sectorul rutier în vederea întocmirii și promovării documentațiilor necesare pentru aprobarea lucrărilor de reabilitare;*

- *în contextul valorificării integrale a rezervelor de hidrocarburi existente în țara noastră, autorul a cercetat nisipurile bituminoase din bazinul Derna-Voevozi și a militat pentru reconsiderarea nisipului bituminos în tehnica rutieră, începând cu anul 1983;*

- *prin cercetările pe care le-a efectuat asupra mixturilor asfaltice executate cu nisip bituminos, autorul a contribuit la perfecționarea și dezvoltarea tehnologiilor de fabricare a mixturilor asfaltice folosind ca liant nisipul bituminos, elaborând metoda de corectare a bitumului natural din nisipul bituminos prin folosirea procedurii de adaus de bitum de petrol combinat cu o oxidare înaintată prin ridicarea temperaturii în uscător la 180...190 °C;*

- *a conceput și executat "Instalația de fabricat mixtură asfaltică folosind ca liant nisipul bituminos" (subcap. II.3.2.1.1.) care este în măsură să asigure respectarea tehnologiei de fabricare a mixturii asfaltice propusa de autor, obținând "Brevetul de invenție nr. 47615 din 29.12.1988;*

- *a conceput și executat utilaje conexe (zdrobitorul de bitum dur și zdrobitorul de nisip bituminos) care concură la fabricarea mixturii asfaltice cu nisip bituminos dur;*

- referitor la condițiile de fabricare a mixturii asfaltice folosind ca liant nisipul bituminos, autorul, prin cercetările pe care le-a efectuat *a stabilit raportul optim bitum natural/bitum dur și raportul optim agregate naturale/agregate naturale concasate*;

În ceea ce privește îmbunătățirea stării de viabilitate a drumurilor, contribuțiile originale ale doctorandului s-au concretizat prin:

- *conceperea și realizarea unei noi tehnologii de întreținere a drumurilor prin tratamente bituminoase, denumită "Tehnologia de execuție a tratamentelor bituminoase în situ (TRABINSIT)", tehnologie care se aplică cu succes la îmbrăcămintele bituminoase sau din beton de ciment, dar și pentru îmbunătățirea stării de viabilitate a drumurilor pietruite, obținând Brevetul de invenție nr. 96617 din 25.03.1988;*

- *conceperea și realizarea unor utilaje și dispozitive pentru mecanizarea lucrărilor de tratamente bituminoase și anume:*

• *răspânditorul de criblură autopropulsat* cu ajutorul căruia se execută tratamente bituminoase de calitate superioară datorită faptului că permite un control riguros al cantității de agregat așternut precum și datorită faptului că așternerea agregatelor este făcută în direcția de mers a utilajului;

• *aspiratorul de criblură*, cu ajutorul căruia se corectează tratamentele executate, permițând adunarea "agregatelor alergătoare" de pe suprafața și de pe marginea părții carosabile proaspăt acoperită cu tratamentul bituminos.

- *studiile și cercetările amănunțite asupra sectorului analizat privind capacitatea de trafic, capacitatea portantă, asigurarea condițiilor de circulație și examinarea ambientală, au permis un diagnostic precis a drumului național nr. 6 precizând starea tehnică reală a suprafeței de rulare și capacitatea portantă actuală a structurilor rutiere rezultată din analiza și prelucrarea datelor de trafic recenzate pe sectorul DN6 km 358+000...552+000;*

- *de asemenea a determinat agresivitatea traficului asupra mediului ambiant din zona drumului precum și a populației din localitățile străbătute de traseul drumului național nr. 6;*

- *în studiul de diagnosticare efectuat de doctorand asupra sectorului analizat, a precizat structura lucrărilor ce trebuie executate în vederea reabilitării drumului și s-a estimat volumul acestor lucrări;*

- *doctorandul a efectuat revizii tehnice la podurile de pe sectorul studiat, a analizat și prelucrat datele rezultate, stabilind gravitatea defecțiunilor existente precum și volumul lucrărilor necesare pentru remedierea acestor defecțiuni.*

- *doctorandul a realizat și a întocmit studiul de diagnostic, studiul tehnic și studiul economic necesare evaluării soluțiilor de reabilitare a DN6 km 358+000...552+600;*

- *a stabilit și a nominalizat soluțiile tehnice (inclusiv etapizarea lor), care se pretează cel mai bine din punct de vedere tehnic și economic pentru reabilitarea sectorului studiat;*

- *a studiat și a implementat, în anul 1992, pentru prima dată în România, pe DN7 km 473+000...474+300, tehnologia de execuție a stratului de baza prin procedeul Wirtgen, folosind ca lianți: emulsia, cimentul, și emulsie+ciment;*

- a experimentat și implementat soluții tehnice pentru împiedicarea și/sau reducerea transmiterii fisurilor în straturile superioare și anume: armarea straturilor bituminoase cu geogriile pe DN68A km 75+100...75+250 și pe DN66A km 2+240...3+000 și a studiat comportarea acestora în exploatare;

- a experimentat, implementat și a executat soluții tehnice pentru realizarea straturilor rutiere cu lanți puzzolanici realizând în cadrul DRDP Timișoara 74 km de straturi rutiere pe DN79A, DN59B și DN57;

- a conceput și realizat tehnologia pentru execuția tratamentelor bituminoase antizgomot (fonoabsorbante) și a contribuit la implementarea în tehnica rutieră românească a straturilor rutiere subțiri executate cu mixtură asfaltică fabricată la rece;

- a experimentat și menținut sub observație mixturile asfaltice realizate cu bitum modificat folosind pentru acest lucru polimerul INTERLENE-IN400;

- în vederea soluționării sectoarelor periculoase a supus atenției specialiștilor din sectorul rutier pentru proiectarea drumurilor noi sau reabilitate, problema folosirii criteriilor de siguranță care impun o armonizare între viteza de proiectare și viteza de operare;

◆ **Valorificarea rezultatelor obținute** ca urmare a studiilor întreprinse de autor s-a făcut prin:

- asigurarea bazei de date tehnice și crearea unui instrument de analiză tehnico-economică pentru întocmirea documentațiilor necesare promovării și finanțării din surse interne sau împrumuturi internaționale a lucrărilor de reabilitare a sectorului studiat (DN6 km 358+000...552+600 );

- reconsiderarea nisipului bituminos în tehnica rutiera în perioada 1983...1991, executându-se numai în cadrul DRDP Timișoara 157,00 km îmbrăcăminiți bituminoase în care mixtura asfaltică a fost fabricată cu nisip bituminos;

- generalizarea tehnologiei de fabricare a mixturii asfaltice cu nisip bituminos concepută de autor, la toate șantierele de drumuri din țară care au utilizat acest zăcământ la fabricarea mixturilor asfaltice, îmbunătățindu-se considerabil calitatea acesteia;

- generalizarea și folosirea la șantierele de drumuri care au utilizat nisipul bituminos a "Zdrobitorului de bitum dur" și a "Zdrobitorului de nisip bituminos" rezultând astfel o mixtură asfaltică corespunzătoare;

- publicarea în țară și susținerea la diferite manifestări științifice a 9 lucrări privind utilizarea nisipului bituminos în tehnica rutieră;

- aducerea în stare corespunzătoare de viabilitate a 22 km de drum pietruit prin tratarea lui cu tratamente tip TRABINSIT, lucrări executate în cadrul DRDP Timișoara pe DN57 și pe DN59B;

- îmbunătățirea calității lucrărilor de tratamente bituminoase executate în cadrul DRDP Timișoara prin folosirea celor două utilaje de concepție proprie destinate acestor lucrări (răspânditorul de criblură autopropulsat și aspiratorul de criblură);

- principiul de funcționare și conceptul de fabricație ale răspânditorului de criblură autopropulsat au stat la baza fabricării în serie și cu performanțe concrete a

acestui utilaj de către Societatea Comercială HAMEROC - Miercurea Ciuc, începând cu anii 1993-1994;

- executarea a cca. 200 km tratamente bituminoase de tipul TRABINSIT și a cca. 60 km tratamente fonoadsorbanțe;

- publicarea în țară și la Congresul Mondial al Drumurilor din Marrakech a tehnologiei TRABINSIT și generalizarea ei în sistemul de întreținere a drumurilor din România;

- rezultatele menționate în studiul de diagnostic din cap. III au fost folosite în întregime la elaborarea "Expertizei tehnice a drumului național nr. 6 km 358+000...552+000" în vederea finanțării lucrărilor de reabilitare de către guvernul japonez în cadrul programului de Asistență specială pentru România denumit "Cooperarea Externă Economică de fonduri a Japoniei (OECF)" și sunt preluate de proiectanți în vederea întocmirii studiilor tehnice necesare promovării și executării lucrărilor de reabilitare a drumului național nr. 6;

- folosirea studiilor și a datelor rezultate din cercetarea făcută de doctorand la întocmirea documentației tehnice pentru promovarea reabilitării drumului național nr. 6 km 358+000...562+600;

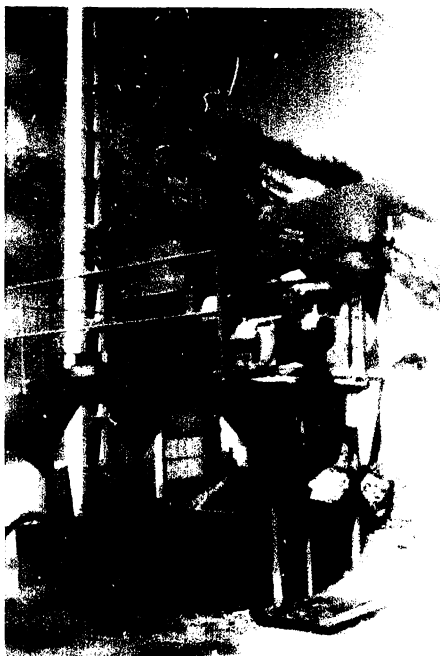
- nominalizarea soluțiilor analizate și recomandate de doctorand, în "Caietul de sarcini" întocmit în vederea efectuării lucrării "Reabilitarea DN 6 etapa I Lugoj - Timișoara km 495+000...552+600 (tehnologia Wirtgen, mixtură asfaltică cu bitum modificat, structuri rutiere mixte, tratamente antizgomot, covoare de grosime redusă, soluții pentru protecția mediului și soluții pentru rezolvarea sectoarelor periculoase)";

- a realizat 74 km de straturi rutiere din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici și a promovat tehnologii noi pentru împiedicarea transmiterii fisurilor în straturile superioare (straturi rutiere armate cu geogril);

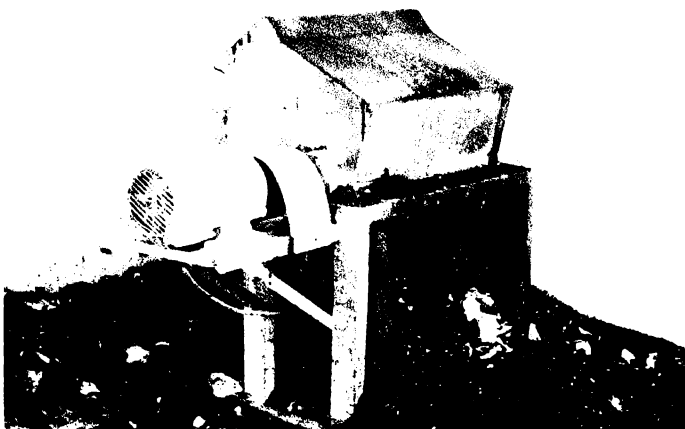
- a conceput și lansat în fabricație dispozitivul pentru realizarea fisurilor ordonate;

- publicarea în țară la diferite manifestări științifice și în străinătate, la ședințele tehnice CAER a 24 lucrări științifice privind tehnologiile experimentate și aplicate de autor în decursul activității în domeniul de administrare a drumurilor.

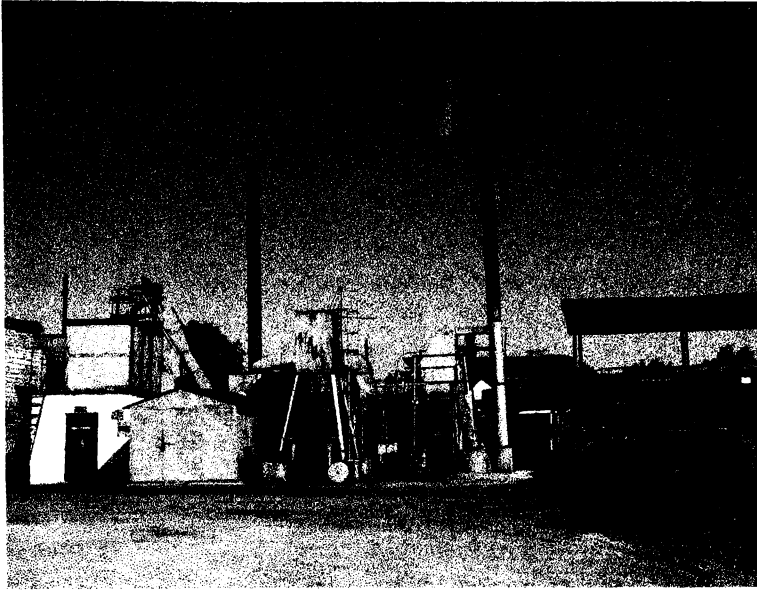
Autorul consideră ca problematica abordată în teza de doctorat nu este nici pe departe epuizată, rămânând în sarcina doctorandului continuarea și aprofundarea studiilor și a cercetărilor privind identificarea unor noi soluții pentru reabilitarea drumurilor și menținerea sub observație a soluțiilor propuse de autor în lucrare.



*Foto 1. Zdrobitor de nisip bituminos.*



*Foto 2. Zdrobitor de bitum dur.*



*Foto 3. Vedere generală a instalației "Baterie de dozatoare".*



*Foto 4. Betonieră cu amestec forțat.*

## BIBLIOGRAFIE

1. ALIMANI, M. Contribution à l'étude de l'endommagement par fatigue des eurosés bitumineux. Rapport de recherche, LCPC nr. 151, juin 1988.
2. AUSSEDAT, G., AZIBERT, Ch., MONNIOT, M.F. Méthode pratique pour le dimensionnement des chaussées la fatigue. R.G.R.A. nr. 495, febr. 1974.
3. ARQUIE, G., MOREL, G.,
4. BELC, F., Le compactage. Paris, Edition Eyrolles, 1988.
4. BELC, F., Preocupări pentru o nouă clasificare și definire a sistemelor rutiere. În: "Sesiunea științifică a tinerilor absolvenți", IPTV Timișoara, 1988, p. 40...45.
5. BELC, F., Contribuții la studiul și realizarea unor structuri rutiere mixte. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică Timișoara, 1993.
6. BEURAN, M., ILIESCU M., Studii pentru determinarea caracteristicilor de deformabilitate ale materialelor rutiere. Simpozion, Timișoara, 30 iunie 1988.
7. BEURAN, M., ILIESCU M., Unele aspecte privind calculul la oboseală al structurilor rutiere nerigide. A VII-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Cluj, iunie 1990.
8. BEURAN, M., ILIESCU M., Unele aspecte privind calculul la oboseală a structurilor rutiere nerigide. A VIII-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, Cluj, iunie 1990.



9. BOICU, M., Contribuții la introducerea unor metode și tehnologii rutiere în condițiile economisirii materialelor energointensive. Teză de doctorat, Institutul Politehnic "Traian Vuia" din Timișoara, 1983.
10. BOLLE, A. Cours d'infrastructures, routes. Université de Liège, 1990.
11. BURNEI, G. Analiza calității ranforsărilor executate - criteriile și metode statistice. Referat pentru doctorat, Timișoara, iulie 1988.
12. CIOCLOV, D. Mecanica ruperii materialelor. București, Editura Academiei, România, 1977.
13. CHABROL, J., La mécanique des chaussées au service de la gestion d'un réseau autoroutier. In: "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 155/1988, p. 23...32.
14. COLOMBIER, G. ș.a. Geotextiles et techniques routiere. Lutte anti-fissures. In: "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 566, 567 și 568/1982.
15. COLOMBIER, G. ș.a. Assises traitées aux liants hydrauliques et pouzzolaniques. In guide pratique de construction routiere din: "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 566, 567 și 568/1982.
16. CORTE, J.,F., Presentation du nouveau guide technique. Réalisation des remblais et des couches de forme. In: "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr.182/1982, p.33...48.
17. COQUAND, R., Routes. Paris, Editeur Eyrolles, 1980.
18. DAC CHI, N. La materiaux traites aux liants hidraliques. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées Paris Mastöre infrastructure des transport, 1991/1992.

19. DELMER, Ph., Le fluage des géotextiles. In: "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 153/1988, p. 81...88.
20. DOROBANȚU, Șt. și colectivul Drumuri Calcul și proiectare. București, Editura Tehnică, 1980.
21. FODOR, G., Considerații asupra stării de efort și de deformare sub solicitarea traficului și a structurilor nerigide.. Sesiune științifică a IPCN, Cluj, 28-29 oct. 1978.
22. FLATERS, B. ș.a. Matériels innovants pour l'exécution de revêtements routiers. In: "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 680/1990, p. 49...55.
23. GEAGOLOU, H. ș.a. La metode des éléments finis: application à la fissuration des chaussées et au calcul du temps de remontée des fissures. In: Bulletin de liaison des laboratoires de pots et chaussées, nr 86/1976, p. 135...143.
24. GEOIFFRAY, J.,M., Traitement de sables alluvionnaires par le liant pouzzolanes - cahux. In: Bulletin de liaison des laboratoires de pots et chaussées, nr 93/1978, p. 86...91.
25. JEUFFROY, G., Conception et construction de chaussées. Tome I, Paris, Eyrolles, 1967.
26. JEUFFROY, G., ECOROUTE, un nouveau logiciel de calcul des structures des chaussées. In: "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 649/1988, p. 16...20.
27. JEUFFROY, G., LAMBERT, H., Encoronte, un nouveau logiciel de calcul de structures de chaussées. RGRA, 1989
28. Le COCQ, J.,P., Calcul des carrefours a feux, Ministère de L'Equipement et du Longement, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, Franța, 1968.

29. LILIEMBERG, S., Le système NPK pour planification de la circulation. Nordisk Planeringskonsult AB, Goteborg, Suedia.
30. MALIȚA, I.,  
LAZIE, I., Inventarierea traficului rutier folosind detectorul piezoelectric. Conferința "Zilele Academice", Timișoara, 1993.
31. MALIȚA, I., Mijloace și metode moderne pentru inventarierea traficului rutier. Raport tehnic privind stagiul de specializare în Franța, Timișoara, 1986.
32. MALIȚA, I.,  
SIMION, H., Eficiența depistării traficului greu cu ajutorul stațiilor de cântărire. Conferința "Zilele Academice", Timișoara, 1993.
33. MALIȚA, I., Un nou dispozitiv de dozare a agregatelor minerale la instalația de preparare a mixturilor asfaltice cu nisip bituminos. A V-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a DRDP Timișoara și a Secției CFDP din Cadrul Facultății de Construcții din Timișoara, Timișoara, 15-16 nov. 1984.
34. MALIȚA, I., Automatizarea instalațiilor pentru prepararea mixturilor asfaltice cu nisip bituminos. A VII-a consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Pitești, 10-11 octombrie 1986.
35. MALIȚA, I., Studiul comportării în exploatare a îmbrăcăminților rutiere executate din mixturi asfaltice cu nisip bituminos. Referat de doctorat. Universitatea Tehnică Timișoara, 1994.
36. MALIȚA, I., Investigații rutiere. Referat de doctorat. Universitatea Tehnică Timișoara, 1994.
37. MALIȚA, I., Sinteză documentară privind calculul, alcătuirea și realizarea structurilor rutiere. Referat de doctorat. Universitatea Tehnică Timișoara, 1994.

38. MALIȚA, I.,  
STELEA, L.,  
LAZIE, I.,  
Observații privind lucrările de tratamente bituminoase executate în diverse soluții și referiri la consumurile energetice. A VII-a consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Pitești, 10-11 octombrie 1986.
39. MALIȚA, I.,  
SIMION, H.,  
Eficiența economică a stațiilor de cântărire a autovehiculelor de marfă. Simpozionul "Întreținerea și exploatarea drumurilor în condiții economice", Orșova, 11 iunie 1987.
40. MALIȚA, I.,  
Mijloace moderne pentru verificarea traficului rutier greu. Simpozionul CNIT, Secția Construcții. "Soluții noi în proiectarea și execuția construcțiilor", Arad, 3-4 iulie 1987.
41. MALIȚA, I.,  
STELEA, L.,  
LAZIE, I.,  
Soluții eficiente privind execuția tratamentelor bituminoase pentru mărirea gradului de siguranță a drumurilor moderne. Simpozionul "Soluții moderne în construcția și întreținerea drumurilor, podurilor și căilor ferate", Cluj-Napoca, 25-28 septembrie 1987.
42. MALIȚA, I.,  
NICOARĂ, L.,  
STELEA, L.,  
Tratamente bituminoase executate cu agregate naturale anrobate în situ (TRABINSIT). Sesiunea jubiliară de comunicări științifice organizată de I.P. "Gh. Asachi", Iași, nov. 1988.
43. MALIȚA, I.,  
STELEA, L.,  
COBZARIU, C.,  
Preocupări și realizări privind promovarea informaticii aplicative în unitățile de drumuri naționale. Prelegere la consiliul de conducere al Direcției Drumurilor, București, 25 noiembrie 1988.
44. MALIȚA, I.,  
BALINT, I.,  
Comportarea în exploatare a unor îmbrăcăminti bituminoase ușoare și propuneri privind generalizarea unor tehnologii energoneintensive. Schimb de experiență "Comportarea IN SITU a construcțiilor", ediția a VI-a, Constanța, 12-20 septembrie 1986.

45. MALIȚA, I., Raport Național al României. Secțiunea a III-a "Exploatare și gestiune". Al XIX-lea Congres Mondial al Drumurilor, Marrakech, 1991.
46. MĂTĂȘARU, T. și colectivul Drumuri, Editura Tehnică, București, 1966.
47. MEUNIER, Y., Reconditionnement en place de chaussées par l'ARC 700 en France et à l'étranger. În: "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 669/1989, p. 30...35.
48. MIHOC, C., Bazele matematicii ale teoriei fiabilității. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1976.
49. MOURATIDIS, A. Comportament des chaussées semirigides fissurées In: Bulletin de liaison des laboratoires de pots et chaussées, nr. 152/1988, p. 29...36.
50. NICOARĂ, L., Curs de drumuri, vol I-V, Litografia IPTV Timișoara, 1975.
51. NICOARĂ, L., Curs de drumuri. Sisteme rutiere. Vol. III litografiat, IPTV, Timișoara., 1975.
52. NICOARĂ, L., Curs de proiectarea și construcția drumurilor. Litografia IPTV, Timișoara, 1988.
53. NICOARĂ, L., Introducere în analiza definirii, alcătuirii, dimensionării și proiectării complexelor rutiere. În: "Soluții noi și eficiente în proiectarea și executarea suprastructurilor", Timișoara, 1986, p. 259...264.
54. NICOARĂ, L., Preocupări pentru o nouă concepție privind clasificarea și definirea sistemelor rutiere. În: "A VII-a consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", vol.I, Pitești,1986,p.24...29.
55. NICOARĂ, L. ș.a. Tehnologii rutiere neconvenționale, Litografia IPTV Timișoara, 1988.

56. NICOARĂ, L.,  
MUNTERANU, V.,  
IONESCU, N.,                   Întreținerea și exploatarea drumurilor. Editura  
Tehnică, București, 1979.
57. NICOARĂ, L.,  
BELC, F.,                      Preocupări pentru o nouă clasificare a structurilor  
rutiere. În: "Sesiunea de comunicări științifice  
organizată de I.P. Iași", 1988, p. 122...126.
58. NICOARĂ, L.,  
BOICU, M.,  
DOROBANȚIU, S.,  
ZAROJAN, H.,                 Autostrăzi. Editura Tehnică, București, 1981.
59. NICOARĂ, L.,  
BILȚIU, A.,                    Îmbrăcămiți rutiere moderne. Editura Tehnică,  
București, 1983.
60. NICOARĂ, L.,  
LUCACI, Gh.,                 Curs - Trafic și autostrăzi, centrul de multiplicare  
al IPTV Timișoara, 1988.
61. NICOARĂ, L.,               Defecțiunile îmbrăcămiților rutiere moderne.  
Tehnologie pentru prevenirea și remedierea lor.  
Teză de doctorat IPTVT, 1974.
62. NICOARĂ, L.,               Construcția și întreținerea drumurilor. Curs  
universitar, IPTV Timișoara, 1975-1976.
63. NICOARĂ, L.,  
PĂUNESCU, M.,  
BOB, C.,  
BILȚIU, A.,                    Îndrumătorul laboratorului de drumuri. Editura  
Tehnică, București, 1985.
64. NICOARĂ, L.,  
SCHEIN, T.,                    Preocupări pentru îmbunătățirea viabilității dru-  
murilor de exploatare din pământ. În: "A VI-a  
consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și  
poduri", vol. I, Brașov, 1982, p. 197...204.
65. NICOLAU, M.,  
SUCIU, D.,                     Unele aspecte privind studiile integrate de  
transporturi: În: Drumul și energia. A 7-a  
consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și  
poduri, Pitești, 10-11 octombrie 1986. Vol. I,  
Ediția MTTc., București, 1986.

66. NICOARĂ, L.,  
STELEA, L., Comportarea în exploatare a tratamentelor bituminoase. În: "Comportarea in situ a construcțiilor", Arad, 1988, p. 513...522.
67. NICOARĂ, L.,  
UDVARDY, L.,  
BROLA, E., Previziuni privind executarea lucrărilor de ranforsare a complexelor rutiere - Sistemul PRERAN. În: "Buletin rutier", nr. 3-4/1977, p. 1...26.
68. NICOARĂ, L.,  
UDVARDY, L.,  
BROLA, E., Unele observații privind posibilitățile planificării eficiente a ranforsării preventive a complexelor rutiere. În: "A IV-a sesiune de comunicări științifice a DDP Timișoara", 1980.
69. NICOARĂ, L.,  
UDVARDY, L., Unele considerații privind evaluarea eficienței economice și sociale a construcției și întreținerii drumurilor. În: "A VI-a consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri", vol. I, Brașov, 1982, p. 50...69.
70. NICOARĂ, L.,  
UDVARDY, L., Considerații cu privire la evoluția calității lucrărilor de drumuri. În: "Comportarea construcțiilor in situ", Piatra-Neamț, 1984, vol. 2., p. 57...62.
71. PEBIN, J., Y. ș.a. Hédé-Tinténiac, ou la structure semirigide nouvelle génération. In: "Revue générale des routes et des aérodromes", nr. 691/1991, p. 111...116.
72. PAREY, Ch.,  
LEGER, Ph., Le dimensionnement de chaussées, RGRA, nr. 7, 1971.
73. PORPO, G. La seconda parte - Della Geografia - Di Claudio Tolomeo, Veneția 1547.
74. RĂDULEȚ, R., Lexicul tehnic român, Editura tehnică, București, 1964.
75. RAMOND, G.,  
SUCH, C. Bitumes et bitumes modifiés. Relations structures, propriétés, composition. In: Bulletin de liaison des laboratoires de pots et chaussées, nr 168/1990,

p. 65...87.

76. RAUT, O.,  
BOZU, O.,  
PTROVSZKY, R. Drumurile romane în Banat. București, 1963.
77. REYPONNE, C.,  
CAROFF, G., Dimensionnement des chaussées. Cours de routes. Paris, L'Ecole Nationale de Ponts et Chaussées, 1984.
78. RUBAN, M., Cours de routes. Contrôles de qualité. Paris, L'Ecole Nationale de Ponts et Chaussées, 1987.
79. RUEDIGER., L. Proiectarea drumurilor și siguranța circulației. Karlsruhe, 1994.
80. SIFFERT, M. ș.a. Évolution du trafic lourd et application au dimensionnement structurel des chaussées. In: "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 154/1988, p. 73...83.
81. SIFFERT, M., Vérification des méthodes de dimensionnement des chaussées. In: "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 153/1988, p. 37...46.
82. STRUNGĂ, V. ș.a. Cercetări pentru realizarea în țara noastră a geogriurilor. În: "A VIII-a conferință națională a lucrătorilor de drumuri și poduri", Cluj-Napoca, 1990, p. 116...121.
83. STRUNGĂ, V.,  
TURCU, M., Rezistența la biodeteriorare, durabilitatea și comportarea în lucrări a geotextilelor și geogriurilor. "A VII-a conferință națională a lucrătorilor de drumuri și poduri", Pitești, 1986, vol. 1, p. 30...41.
84. TURCU, M. Considerații privind utilizarea cenușilor de termocentrală din România în construcția drumurilor. I.C.P.T.T. București, 1987.
85. UDVARDY, L.,  
BROLA. E.,  
MAN, M. ș.a. Banca de date tehnice rutiere. Versiunea 1974. Documentația tehnică. Arhiva DRDP Timișoara și CTCET, 1974.



86. UDVARDY, L.,  
MICU, A., Propuneri pentru o metodologie de evaluare a eficienței soluțiilor de construcție și întreținere a drumurilor. Aplicație informatică. În: "Soluții eficiente în construcția și întreținerea drumurilor și podurilor", Cluj-Napoca, 1987, p. 144...153.
87. UDVARDY, L.,  
BELC, F., Étude des coutes d'entretien des routes selon leur l'état technique. A VI-a conferință de drumuri, Budapesta, 1988, p. 251...259.
88. UDVARDY, L., Asupra necesității și posibilității dezvoltării sistemului băncii de date rutiere. În: Cercetarea în transporturi, în al 6-lea deceniu de activitate. Vol. 2. Construcții în transporturi și instalații conexe. Ediția INCERTRANS, București, 1981.
89. UDVARDY, L., Spre un model cibernetic de optimizare a strategiei rutiere. Referat de cercetare aplicată 60/277/1986.
90. UDVARDY, L., Studii privind arborele de defectare a drumurilor. referat tehnic DRDP Timișoara, 1987.
91. VIVIER, M. Flexiplast, un nouveau système antifissures. In Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 680/1990, p. 79...82.
92. VELICA, M.,  
SUCIU, D., Unele aspecte privind studiile integrate de transporturi. În: Drumul și energia. A 7-a consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Pitești, 10-11 octombrie 1986. Vol. I, Ediția MTTc., București, 1986.
93. VAURITIN, J.,  
RAY, N. Recommandation pour le cahussées semirigides. In Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 632/1986, p. 86...95.
94. VECOVEN, I. Machine d'essai des membranes antifissures pour cahussées semirigides. In Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 680/1990, p. 19...21.
95. VOINEA, N., I. Teoria și practica utilizării cenușii de la centralele termoelectrice. Editura tehnică, București, 1981.

96. ZAROJANU, H., Drumuri. Suprastructura. Litografia I.P. Iași, 1973.
97. \* \* \* Sisteme rutiere noi pentru trafic redus. Manual de proiectare. Traducere din limba franceză la Catedra DFIC din Timișoara. Paris, Direcția Drumurilor și a Circulației Rutiere, 1988.
98. \* \* \* Traitement des sables pour assises de chaussées. Journées d'information. Bordeaux, 1976.
99. \* \* \* Valorisation et élimination des déchets et sous - produits industriels et urbains. Laboratoires des Ponts et Chaussées . Journée de Bilan de l'Action de Recherche, nr. 36, Bourget, 1983.
100. \* \* \* Capacité des routes, Ministère de L'Équipement et du Logement. Direction des Routes et de la Circulation Routière. Edition, 1965.
101. \* \* \* XVI Congrès mondial de la route. Viena, 1979.
102. \* \* \* XVII Congrès mondial de la route. Sydney, 1983.
103. \* \* \* XVIII Congrès mondial de la route. Bruxelles, 13-19 sept. 1987.
104. \* \* \* Instruction technique par le renforcement des chaussées souples. Buletin de Liaison des Laboratoires Routiers, Paris, février 1967.
105. \* \* \* Instrucțiuni tehnice departamentale privind determinarea stării tehnice a drumurilor moderne. Sistemul de administrare optimizată a drumurilor. Indicativ CD 155-86.
106. \* \* \* Instrucțiuni tehnice departamentale pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămiși rutiere moderne. Sistemul de administrare optimizată a drumurilor. Indicativ CD 98-86.

107. \* \* \* Idem, ediția 1976.
108. \* \* \* Întreținere preventivă a rețelei de drumurilor naționale. Publicație a Ministerului Transporturilor din Franța, Paris, 1979.
109. \* \* \* Instrucțiuni tehnice departamentale privind dimensionarea sistemelor rutiere rigide și nerigide. Indicativ PD 177-76.
110. \* \* \* Normativ departamental pentru determinarea capacității de circulație a drumurilor publice. Indicativ PD 189-78.
111. \* \* \* Systèmes de gestion de chaussées. Rapport réalisé par groupe d'experts. OCDE, 1987.
112. \* \* \* Wirtgen. Cold recycling. Au economic and ecologically construction process. Windhagen, March 1992.
113. \* \* \* Wirtgen. Stabilizare - Ranforsare - Reciclare la rece, Windhagen, martie, 1992.
114. \* \* \* Draft Final Report. Saprofteam for the Overseas Economic Cooperation Found, Japan, Decembrie, 1996.
115. \* \* \* Guide de gestion routière - Preparé par le Comité de la gestion routière de L'Association des routes et transports du Canada, Paris, 1977.
116. \* \* \* A 7-a consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Pitești, 10-11 octombrie 1986.
117. \* \* \* Studiul de evaluare tehnico-economică a programului de ranforsare a rețelei de drumuri naționale din România. IPTANA București, 1992.
118. \* \* \* Alcătuirea și dimensionarea structurilor rutiere. Academia Română, Timișoara, 1991.

119. \* \* \* Elaborarea unei metode de dimensionare pentru sistemele rutiere nerigide, fundamentată pe baza științifice, ținând seama de solicitările traficului în interdependență cu factorii climatici specifici țării noastre. Referate de cercetare ICPTT, 1976-1978.
120. \* \* \* Drumuri. Poduri. Siguranța circulației. Publicație periodică a Asociației Profesionale de Drumuri și Poduri și a Administrației Naționale a Drumurilor, București, nr. 10-35.
121. \* \* \* Recensământ de circulație 1990, INCERTRANS, București.
122. \* \* \* Lucrări de drumuri. Colecția STAS-urilor în vigoare.
123. \* \* \* Instrucțiuni tehnice departamentale pentru calculul eforturilor unitare. CD 152-85.
124. \* \* \* Eliminarea punctelor negre de pe DN6. INCERTRANS, București, 1986.
125. \* \* \* Manual de inginerie de trafic. Institute of transportation Engineers, USA, 1992.
126. \* \* \* Primul colocviu național "Drumul și mediul înconjurător", referate și comunicări, Băile Herculane, 5-6 oct. 1995.
127. \* \* \* Les bitumes modifiés par les copolymères E.V.A. In: Bitum actualités, 1992, p. 16...19.
128. \* \* \* Enrobe routieres améliorés a base de bitumes modifiés par des elastomères termoplastiques SBS. In Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 693/1992, p. 17...20.
129. \* \* \* Fissuration de retrait de chaussées a assises traitées aux liant hydraulique. In: "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 156/1988, p. 37...66 și 157/1980 p. 54...57.

130. \* \* \* Note d'information: Règles de l'art pour limiter la fissuration de retrait, nr. 55/1990. SETRA, Paris, Franța.
131. \* \* \* Fissuration de retrait de chaussées assises traitées aux liants hydraulique. In: "Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées", nr. 156/1988, p. 37...66 și p. 59...87.